
BAILLY
ASTRONOMI
MODERNE
3

HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.




POLITECHNIKA GDAŃSKA
BIBLIOTEKA CENTRALNA



HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS PREMIER.

Des nouveaux Progrès de l'Astronomie.

Le siecle dernier fut fertile en grandes découvertes ; tout étoit neuf dans l'étude de la nature, & le spectacle & les moyens. Un systême, celui de Copernic, ou nouveau, ou du moins récemment adopté, puisqu'il cessoit à peine d'être combattu, servoit de guide à toutes les recherches ; la vue prolongée par le télescope, les espaces rapprochés, un nombre de corps longtems inconnus & rendus visibles, aggrandissoient le domaine de l'Astronomie ; les instrumens perfectionnés permettoient des mesures plus exactes & des connoissances plus vraies ; une géométrie sublime, créée par l'intelligence

ne devons-nous pas rendre compte des services & des titres de nos contemporains? Il y a sans doute du danger pour l'écrivain, qui entreprend de parler des gens vivans : il doit craindre en lui les préventions personnelles ; il doit craindre dans les autres l'amour propre qui se plaint toujours. Mais fût-il parvenu au point de modération qui fait la justice, au degré d'indifférence où sera un jour la postérité, il ne marche pas moins entre deux écueils, l'abus de la louange qui peut l'avilir, & la critique, même juste, qui blesse infailliblement la vanité. Cependant ces écueils, ces périls ne se rencontrent & ne se multiplient que dans les détails, nous nous proposons d'éviter ces détails ; nous ne saisirons que les grands objets, nous ne décrirons que les pas marqués de la science; & en nous tenant à la hauteur de ces vues générales, nous pourrons, sans offenser personne, achever ce Tableau de l'Astronomie, & peindre les nouveaux efforts de l'esprit humain.

Un de ces grands objets, le plus digne peut-être de l'admiration de la postérité, est la mesure de la terre. Il est important de connoître la figure & les dimensions du globe. C'est à la Nation Françoise & à notre Académie des Sciences qu'est due cette connoissance. Le projet & les moyens furent proposés dans l'Académie, ce sont ses membres qui ont achevé l'entreprise, ils se sont dévoués à la fatigue, aux dangers, & Louis XV n'a point regretté cet emploi des dépenses publiques. Newton, qui revela tant de secrets de la Nature, avoit déjà annoncé que la terre n'étoit point sphérique. La pesanteur, diminuée par la force centrifuge, a dû élever l'équateur, tandis que le pôle s'est abaissé. Huighens avoit eu le bonheur de se rencontrer avec Newton ; il avoit vu, comme lui, la terre s'applatir par sa rotation diurne. Mais cette conséquence naissoit d'une théorie, qui étoit encore

regardée comme un ſyſtême; elle apartenoit à un principe occulte, celui de l'attraction, à un principe infiniment difficile à admettre, du moins dans ſon univerſalité. Depuis le livre immortel des Principes de la Philoſophie naturelle, on voyoit bien en général que les aſtres ſe mouvoient, comme s'ils étoient attirés l'un par l'autre : les phénomènes des corps céleſtes avoient, pour ainſi-dire, forcé la croyance; mais on doutoit peut-être encore ſi les petites parties de la matière ſubiſſoient la même loi que les grandes maſſes. D'ailleurs, quand un homme de génie montre une cauſe, qui a pu produire un effet inconnu, inobſervé, on peut douter ſi la nature ne cache pas une autre cauſe qui a pu le détruire. Ces vues de l'eſprit, ces conſéquences d'un principe vraiſemblable & reconnu juſte dans une infinité de cas, peuvent ſervir de guides; mais les ſciences ne marchent que par les faits & par les déterminations. Ce ſont les bons eſprits qui doutent, qui réſiſtent pendant quelque tems; & qu'on ne ſe plaigne point de cette réſiſtance, elle eſt ſouvent utile, ſans pouvoir jamais nuire. La vérité triomphe des obſtacles, & les erreurs, toujours foibles quand elles ſont jeunes, ſont les ſeules écartées.

L'applatiſſement de la terre, cette conſéquence de la théorie de la gravité, avoit en effet rencontré de grands obſtacles en France. Dominique Caſſini, en ſuivant la méridienne de l'obſervatoire de Paris juſqu'à Amiens & juſqu'à Perpignan, avoit meſuré ſept degrés de la terre. Nous avons dit que ces degrés, qui parurent diminuer (*a*) en allant du midi vers le nord, indiquoient un applatiſſement du globe, non au pôle, mais à l'équateur. Ces meſures prolongées vers le nord, donnerent le même réſultat. Le Marquis de Poleni avoit propoſé en 1729

(*a*) *Suprà*, Tome II. page 637.

de mesurer les degrés d'un parallèle; celui de Paris fut en effet mesuré, & d'un côté jusqu'à St. Malo, & de l'autre jusqu'à Strasbourg. On tenta aussi d'employer les degrés du grand cercle perpendiculaire à la méridienne. M. de Thury, fils de Jacques Cassini, & troisième du nom, imagina de mesurer l'écartement de ce grand cercle avec le parallèle; tous les cercles fictifs que nous imaginons sur le globe, leurs écarts mutuels, comme leurs contours, dépendent de sa figure.

On sent que si l'on presse sur un globe pour l'applatir par les pôles, en enflant l'équateur, on aggrandit aussi la dimension de toutes les parties intermédiaires; mais pour que le globe soit alongé, il a fallu que la matière se soit resserrée en s'élevant vers les pôles, & les dimensions des cercles ont dû être rétrécies.

Toutes ces especes de mesures, pourvu qu'elles donnassent des différences sensibles, pouvoient éclaircir la question; elles conclurent toutes pour la terre alongée. Nous disons avec franchise les erreurs des François, ils ont assez de titres de gloire; mais nous devons faire observer leur impartialité, & leur estime des travaux étrangers. Le résultat de leurs propres travaux faisoit la terre oblongue. Il eût été naturel, après tant d'observations, de le croire exact & vrai; & si l'Académie doutoit encore, c'étoit la preuve de son admiration pour Newton, & de l'ascendant irrésistible du génie. L'honneur que la France faisoit à Newton, de préférer son témoignage à des faits, qui sembloient des vérités d'observation, n'empêchoit point qu'on ne revînt sur les principes qui avoient conduit Newton dans cette détermination hardie, & qu'on n'interrogeât de nouveau cette théorie qui osoit contredire les faits. Sans doute la France étoit sage, en même tems qu'elle étoit

juste ; Newton avoit pour lui un grand fait de la nature, l'accourcissement du pendule observé dans la zone torride. La force centrifuge qui produit cet accourcissement, a dû élever les eaux & même les terres dans ces régions du monde ; toute force agissante a des effets nécessaires (*a*).

Les Géometres François commençoient à adopter les idées de Newton; ils se saisissoient de ses principes & de ses méthodes; & ayant le courage de le suivre dans la carrière qu'il s'étoit ouverte, ils se montroient dignes de lui succéder dans l'explication des phénomènes de la nature. Le Chevalier de Louville nous paroît être le premier Astronôme François, qui, conformément aux idées de Neuwton, ait considéré le mouvement elliptique des corps célestes, comme produit par deux forces, l'une de projection, l'autre centrale, qu'il assimile à la pesanteur (*b*). Nous avons dû remarquer ces premiers pas de Newton dans l'Astronomie françoise. M. de Maupertuis nous paroît être également le premier de nos Géometres, qui ait employé le principe de l'attraction (*c*). Mais il ne la considéra d'abord que par rapport à ses effets calculables ; il l'admet comme Géometre, & non comme Physicien. Il remarque d'abord que de toutes les loix d'attraction, qui auroient pu être imposées à la matière, la raison inverse du carré des distances est la seule qui ait lieu en même tems à une certaine distance pour les sphères & pour leurs parties ; & cela lui donne lieu de faire une réflexion singulière. » En supposant, dit-il, que Dieu eût voulu établir » dans la nature quelques loix d'attraction, toutes ces loix » ne devoient pas lui paroître égales. Les seuls corps autour » desquels l'attraction, quelle qu'elle fût, pouvoit se faire

---

(*a*) *Suprà*, Tome II, pages 512 & 640.

(*b*) Mém. Ac. des Sciences, 1720, p. 35.

(*c*) *Ibid.* 1732, p. 343.

» également de tous côtés, étoient les corps ſphériques ; & » le ſeul point de ces corps auquel on doit rapporter les » diſtances, eſt le centre. Si donc on ſuppoſe que Dieu ait » voulu que quelque corps conſervât la même propriété, qui » devoit être répandue dans la matière, d'attirer de tous » côtés également les corps, ſuivant la même proportion ; » il falloit que l'attraction des parties de la matière ſuivît » une loi telle que les corps ſphériques, qui en ſeroient formés, » la ſuiviſſent encore. Cette uniformité pouvoit être une » raiſon de préference pour la loi où elle ſe trouvoit, & alors » tous les ſyſtêmes poſſibles d'attraction n'étoient plus égaux. » La raiſon métaphyſique de préférence une fois poſée, la » néceſſité mathématique excluoit d'abord une infinité de » ſyſtêmes dans leſquels l'accord de la même loi dans les » parties & dans le tout ne pouvoit avoir lieu (*a*) ». Nous avons cité ce paſſage comme un reſte aſſez marqué de la philoſophie du dernier ſiecle, où l'on s'occupoit tant des cauſes finales. Il eſt bien queſtion de la raiſon métaphyſique de préférence ; eſt-ce à nous de déterminer l'ordre des idées de l'Être ſuprême ? Dans la nature, nous ne connoiſſons que les faits, qui ſont des actes de ſa volonté. M. de Maupertuis ſe montra plus dignement, en réſolvant la queſtion de la figure de la terre : M. Bouguer tenta de ſon côté le même effort. Tous deux s'étant ſaiſis des principes phyſiques, qui appartiennent à cette recherche, & de la ſublime géométrie que Newton avoit enſeignée, chercherent ſes réſultats pour les confirmer ou pour les contredire. Nous avons dit que Huyghens avoit déterminé la figure de la terre & ſon applatiſſement, en ſuppoſant que la peſanteur primitive avoit été dirigée au

---

(*a*) Mém. Acad. des Scien. 1732, p. 347.

centre

centre, tandis que la peſanteur altérée par la force centrifuge, eſt dirigée perpendiculairement à la ſurface. Lorſque la terre étoit ronde & ſphérique, la peſanteur dirigée au centre, faiſoit tomber partout les corps perpendiculairement à la ſurface; mais lorſque le globe a tourné ſur lui-même, & que la peſanteur a été altérée tant dans ſa quantité que dans ſa direction, par la force centrifuge, ſi nous voyons encore les graves tomber perpendiculairement à la ſurface de la terre, c'eſt que cette ſurface a changé & s'eſt inclinée pour leur conſerver cette direction; c'eſt que des parties du globe ſe ſont élevées, tandis que d'autres ſe ſont abaiſſées. L'altération de la peſanteur, le changement de ſa direction pouvoient donc indiquer la figure du globe; & en effet Huyghens détermina ſon applatiſſement de la 578ᵉ partie du demi-diametre de l'équàteur. Newton, parti d'un principe plus général, ne ſuppoſa que l'attraction univerſelle, la tendance réciproque de toutes les parties du globe les unes vers les autres, le poids égal des colonnes aboutiſſantes au centre, qui doit être partout le même pour produire l'équilibre & la ſolidité; il conſidéra la peſanteur diminuée ſur-tout à l'équateur par la force centrifuge; & il conçut que ces régions avoient dû s'élever pour entretenir l'équilibre, & pour compenſer par la hauteur des colonnes ce que ces colonnes y perdent de leur poids. Ce principe lui donna l'applatiſſement de la terre de la 230ᵉ partie du demi-diametre de l'équateur; c'eſt-à-dire, un applatiſſement plus que double de celui de Huyghens (*a*). Il falloit donc prononcer entre ces deux grands Géometres; & pour les juger, il falloit entendre leurs raiſons, c'eſt-à-dire, refaire leurs calculs, & réſoudre de nouveau le problême. M. Bouguer & M. de Maupertuis reprirent la

---

(*a*) *Suprà*, Tome. II. p. 515.

queſtion ; ils chercherent les deux équations qui donnent la figure de la terre dans le principe d'Huyghens & dans celui de Newton. Ces deux équations ſont aſſez différentes ; on ne peut les rendre identiques que pour un petit nombre de cas ; d'où il réſulte que dans différentes hypothèſes de peſanteur , les deux principes ſont oppoſés & ſe contrediſent. La conſéquence ſeroit une inſtabilité de figure , & un mouvement continuel des parties du globe. Car on conçoit que s'il y avoit des loix de la nature qui fuſſent en contradiction , la matière également aſſujettie à ces loix , ſeroit dans un balancement perpétuel , elle s'éloigneroit ſans ceſſe de l'une , pour obéir à l'autre , & toujours agitée , jamais en repos reviendroit d'un écart à un autre dans les limites de la contradiction des deux principes. Mais la nature n'admet point ce déſordre , elle n'a point de loix oppoſées qui aient chacune leur effet entier. Lorſque deux de ces loix ſe contrediſent , elles ſe balancent , ſe détruiſent en tout ou en partie , & de leur réſultat il en naît une troiſieme qui eſt la vraie loi agiſſante.

Le travail de M. Bouguer & de M. de Maupertuis apprit que l'équilibre ne pouvoit avoir lieu que dans un globe dont la figure ſeroit déterminée par l'accord des deux principes de Huyghens & de Newton. M. de Maupertuis remarqua que ſi la peſanteur eſt une force qui appartienne au globe entier conſidéré comme maſſe , l'applatiſſement eſt d'un 576e, tel que Huyghens l'a déterminé ; mais ſi cette force naît de l'attraction des parties qui pèſent les unes vers les autres , en ſorte qu'une molécule quelconque tende à la fois vers tous les points du globe , l'applatiſſement eſt d'un 230e, comme Newton l'a trouvé. Ces deux hypothèſes reviennent à peu près au même. Toutes les tendances qu'une molécule a vers tous les points du globe , ſe compoſent de manière qu'il en réſulte une tendance

vers le centre, ou tout près du centre. Mais ces deux hypothèses ont, comme on le voit, des différences par où elles peuvent être distinguées. Lorsque la terre sera mesurée, lorsque l'observation aura fait connoître la quantité de son applatissement, on pourra prononcer entre Huyghens & Newton; & suivant que cette quantité s'approchera d'un 576e, ou d'un 230e, on saura si l'attraction est une force attachée à la masse, ou, ce qui est plus physique & plus vraisemblable, si elle est une force universelle & répandue dans les plus petites portions de la matière.

Toutes ces réflexions, qui produisoient des méthodes ingénieuses, toutes les tentatives des observations qu'on pouvoit faire en France & dans nos observatoires, ne valoient pas les mesures locales faites à l'équateur & au pôle même; c'étoit là qu'il falloit mesurer les degrés, & constater sur le lieu même leur inégalité. M. de la Condamine, né ardent & curieux, doué de ce mouvement de l'esprit qui met sur la voie des découvertes, dans une des assemblées de l'Académie de Paris, où on discutoit cette grande question, devenue si difficile par la contradiction des faits, proposa en 1733 de lever toutes les difficultés, en envoyant des Académiciens déterminer un degré du méridien vers l'équateur, & répéter dans la zone torride les mesures qui avoient été faites en France, afin de les comparer ensemble (*a*). Il s'offrit lui-même pour ce voyage.

(*a*) M. de la Lande, Astron. Tome III. p. 108. M. Bouguer dit que ce fut M. Godin; (fig. de la terre, p. IV.). M. de Fouchy lui rend le même témoignage. Il est certain que M. Godin lut à l'Académie un Mémoire sur cette matière en 1734. M. de Mairan dit, Hist. de l'Acad. pour 1742, p. 96: « je » dois ce témoignage à M. Godin, qu'ayant » lu avec lui le Mémoire de M. Bradley sur » l'aberration des fixes, donné à la Société » royale en 1728, il en tira de grandes » conséquences contre les anciennes obser- » vations qui favorisoient l'alongement de » la terre, quelque exactes qu'elles pussent » être d'ailleurs, & qu'il résolut dès-lors » & s'offrit bientôt d'aller mesurer les de- » grés terrestres sous l'équateur même ». M. Godin a eu la même idée que M. de la Condamine. Ce dernier a de plus l'honneur de la proposition. Il est des tems

Le desir de connoître le dévoroit, sa louable curiosité le rendoit infatigable. M. de Maurepas, alors Ministre, & à qui le tems réservoit une destinée encore plus brillante & plus heureuse, montra au feu Roi l'utilité de cette entreprise. M. Godin, M. de la Condamine & M. de Fouchy furent chargés de l'exécuter. La santé foible de ce dernier ne lui permit pourtant pas de s'y dévouer. Il faut, pour affronter le changement des climats & les courses pénibles, que la force du corps réponde au courage de l'esprit. On lui substitua M. Bouguer, Hydrographe du Roi au Havre, qui jouissoit déjà d'une assez grande réputation. Il reçut presqu'en même tems trois distinctions flatteuses. Il fut adopté par l'Académie, placé bientôt au rang de pensionnaire, où on n'arrive ordinairement que par l'ancienneté ; enfin il fut chargé de cette commission aussi difficile qu'honorable, & dont les travaux exigeoient l'esprit des détails, le génie des expériences que M. Bouguer possédoit dans un degré supérieur. L'Académie désigna, dans l'Amérique méridionale, les riches contrées du Pérou, où l'on devoit aller chercher une connoissance plus précieuse que l'or qu'elles ont répandu dans l'Europe ; & les trois Académiciens partirent au mois de Mai 1735.

On sent bien que pour completter cette entreprise & ce travail, il auroit fallu se transporter au pôle & faire des observations correspondantes à celles de l'équateur. Les unes & les autres auroient montré les limites de l'inégalité des degrés. Mais le pôle de la terre se cache & se refuse à nos mesures ; il repousse par des glaces la curiosité des hommes. M. de

où les mêmes idées germent dans plusieurs têtes. Celle-ci en particulier est très naturelle. On pourroit dire que Jacques Cassini les avoit précédés tous deux. Il sentit, dès 1713, la nécessité de mesurer les degrés à l'équateur & au pôle. (Histoire de l'Astronomie moderne, Tome II. p. 641).

Maupertuis, Philosophe & Géometre, M. de Maupertuis, qui avoit déjà travaillé à résoudre cette question, engagé par ces essais à de nouvelles tentatives, représenta à M. de Maurepas la nécessité d'un voyage vers ce pôle aussi desiré qu'il est inaccessible. Sans tenter de l'atteindre, on pouvoit du moins s'avancer au nord autant que la nature des lieux pourroit le permettre, autant que la nature des hommes pourroit le souffrir. Le voyage fut décidé, & l'Académie choisit M. de Maupertuis, auteur du projet, & rempli de l'activité propre à le faire réussir; M. Clairaut dont la jeunesse avoit fait concevoir les espérances qu'il a réalisées; M. le Monnier, Astronôme déjà distingué, & qui devoit l'être un jour davantage; enfin M. le Camus, Géometre & très-versé dans la connoissance des méchaniques & des instrumens. Ces sortes de travaux demandent le concours des talens & des ressources. Il faut que nous quittions nos villes, le centre de nos forces & de notre puissance, pour nous transporter dans des déserts où la nature est sauvage & pauvre, le sol aride & dépeuplé, & où livré à l'inclémence d'un climat rude & étranger, l'homme est seul, réduit à lui-même & à son industrie. L'abbé Outhier, Astronôme, correspondant de l'Académie, fut associé aux quatre Académiciens, & cette seconde troupe alla braver les froids du nord, comme la première s'étoit dévouée aux ardeurs de la zone brûlante.

Cependant cette entreprise, cette mesure septentrionale, commencée plus tard, fut plutôt achevée; & c'est la première dont nous devons rendre compte. Les Académiciens assurés de la protection du Roi de Suede, se rendirent à Stockolm, où M. Celsius, professeur d'Astronomie à Upsal, se joignit à eux. La Suede, & la Laponie qui en dépend, sont la partie la plus septentrionale de l'Europe. Comme le golfe de Bothnie s'étend du nord au sud, & que ses côtes sont parsemées

d'îles aſſez proches les unes des autres, on avoit projeté d'employer ces points remarquables de la mer pour former des triangles, tandis qu'on auroit meſuré ſur le rivage une baſe, pour en déterminer les diſtances. Le tranſport des inſtrumens & les voyages ſe ſeroient faits ſur des barques avec moins de fatigue & d'embarras. Mais ces îles dénuées de hauteurs, étoient preſque toutes à fleur d'eau; elles ne pouvoient s'appercevoir d'une aſſez grande diſtance; elles ſe cachoient les unes les autres, ou bien elles n'étoient point rangées comme il eût fallu, pour ſuivre un méridien. On fut forcé de renoncer à ce projet. On ſe rendit à Torneo, ville ſituée au fond du golfe de Bothnie & touchant au cercle polaire. C'étoit là & au nord de cette ville qu'on ſe propoſoit de chercher un local propre à la meſure du degré. Mais en s'avançant vers le nord, en s'éloignant de cette ville qui eſt la dernière de la Suede, on s'éloignoit des lieux habités par des hommes, on ne devoit plus rencontrer que des difficultés, des déſerts & des Lapons, qui ſont une eſpèce dégénérée & preſque ſauvage. Il n'y avoit que deux manières de pénétrer dans ce pays, l'une en naviguant ſur un fleuve rempli de cataractes, l'autre en traverſant à pied des forêts épaiſſes & des marais profonds. Il falloit ſéjourner dans ces contrées preſque ſolitaires, s'y contenter de mauvais alimens, s'y défendre contre une légion de mouches cruelles, qui pendant l'été forcent les Lapons même de remonter au nord, & de chercher au bord de la mer glaciale un aſile contre ces tyrans de leurs déſerts. Il falloit gravir des montagnes eſcarpées où l'on devoit placer des ſignaux, dépouiller ces montagnes des forêts qui couvrent leur ſommet & en dérobent la vue; & ſur ces ſommets ainſi dépouillés, établir des obſervatoires, y porter des inſtrumens peſans, & faire des obſervations délicates qui ſont difficiles partout, même dans les

observatoires les plus commodes ; & , comme le remarque M. de Maupertuis , il falloit entreprendre tout cela , sans savoir si l'exécution étoit possible, sans pouvoir s'en informer à personne (*a*). Un obstacle pouvoit faire perdre une année de soins. Mais le même courage qui fait entreprendre est celui qui fait réussir. Il étoit important de se porter le plus loin possible au nord. Les Académiciens ne vouloient pas redescendre dans les provinces méridionales de la Suede, ils étoient jaloux de passer le cercle polaire , & de choisir le climat qu'il traverse pour le lieu de leur opération. Le courage & l'industrie trouverent des facilités qu'on n'espéroit pas. Cette entreprise commencée au hasard, par essai, & presque sans espérance de succès, un séjour de 63 jours dans les déserts suffit pour l'achever. Les montagnes se trouverent placées comme si on en avoit été le maître , & qu'on les eût espacées & placées à volonté. Les triangles formoient un long eptagone dont la montagne de Kittis au nord , & l'église de Torneo au midi , faisoient les deux extrémités. Une montagne plus haute, nommée Horrilakero , occupoit le centre , & le fleuve Torneo servoit pour les communications ; non pas pour des communications tranquilles , sans dangers , comme celles que nous offrent les rivières dans nos zones tempérées. Là on navigue sur des barques construites de planches de sapin , minces & flexibles. On n'y fait pas un long trajet sans rencontrer des cataractes où l'eau se précipite avec un bruit terrible. Ces barques se défendent par leur flexibilité contre les pierres qui se trouvent dans ces fleuves , & qu'elles viennent heurter avec toute la rapidité du torrent. Mais , dit M. de Maupertuis , » c'est un spectacle effrayant , de voir cette frêle machine

---

(*a*) Figure de la terre, p. 12.

» roulant à travers les vagues, l'écume & les pierres, tantôt » élevée dans l'air, & tantôt perdue dans les flots. Un Finois » intrépide la gouverne avec un large aviron, pendant que » deux autres forcent de rame pour la dérober aux flots qui » la poursuivent, & sont toujours prêts à l'inonder. La quille » alors est souvent toute en l'air, & n'est appuyée que par » une de ses extrémités sur une vague qui lui manque à tout » moment (*a*) ». Ce sont là les commodités du pays. Les Académiciens pouvoient risquer leur vie & leur santé; mais ils se trouvoient heureux d'épargner le tems.

Ils ne négligerent point de profiter d'un moyen unique de précision, & d'une ressource que la nature de ce climat leur réservoit; c'étoit dans la mesure de la base. Les bases établies sur la terre sont assujetties à ses inégalités; il faut des réductions pour en ramener la longueur à un plan de niveau. La surface des eaux offre un plan qui est parfaitement de niveau; on résolut d'y établir la base & de la mesurer lorsque le fleuve seroit glacé. Cette base, la plus unie, fut encore la plus longue qui eût été mesurée; elle étoit de 7407 toises. Mais pour cette opération, il falloit attendre l'hiver qui est effroyable dans ces contrées. Le soleil se leve à peine vers midi, les crépuscules toujours longs, les neiges de la surface de la terre, les feux du ciel, c'est-à-dire, les aurores boréales, donnent assez de lumière pour travailler chaque jour pendant quatre ou cinq heures. Mais si l'on veut avoir une idée de ce travail, il faut se représenter des habitans de la zone tempérée, marchant sur le fleuve dans une poussière de neige haute de deux pieds, chargés de perches pesantes qu'il falloit continuellement poser sur la neige & relever. Le froid qui nous parut énorme à Paris en 1709 &

(*a*) Figure de la terre, p. 17.

1776,

1776, ne fit pas deſcendre la liqueur du Thermomètre de Reaumur au-deſſous de 15°; elle deſcendit alors à Torneo à 37° (*a*). C'eſt par ce froid exceſſif que les Académiciens meſuroient leur baſe, avec la glace & l'abîme ſous leurs pieds. » Le froid gela les doigts de quelques-uns d'eux, & menaçoit » à tout moment d'accidens plus grands encore. L'eau de vie » étoit la ſeule liqueur qu'on pût tenir aſſez liquide pour la » boire; mais la langue & les levres ſe geloient, s'attachoient » à la taſſe, & ne s'en arrachoient que ſanglantes. Le corps » ſuoit par le travail, tandis que ſes extrémités étoient gla» cées. L'eau de vie n'étanchoit pas la ſoif, il fallut creuſer » dans la glace des puits profonds, qui étoient preſque auſſi» tôt refermés, & d'où l'eau pouvoit à peine parvenir liquide » à la bouche; & il falloit s'expoſer au dangereux contraſte » que pouvoit cauſer dans des corps échauffés cette eau auſſi » froide que la glace même ». Voilà l'avantage de l'eſpece humaine; elle peut ſe plier à la température, & en ſupporter les excès dans certaines limites. C'eſt par cette flexibilité de ſa conſtitution & par le courage du génie, que l'homme commande ſur la terre. Rien ne réſiſte à ſa force combinée avec ſon induſtrie. La nature n'a point de profondeurs, d'obſtacles, de dangers qui l'étonnent; il vit preſque partout, & partout où il peut vivre, il ne lui faut que du tems pour ſe rendre le maître.

La meſure des triangles étant achevée, on s'occupa des obſervations céleſtes, qui ſe firent à Kittis & à Torneo, où ſe terminoient ces triangles. On employa un ſecteur de 9 pieds de rayon, exécuté ſous les yeux de M. Graham, qui lui-même en avoit diviſé la limbe (*b*). L'arc meſuré du méridien ſe trouva

(*a*) Maupertuis, Fig. de la terre, p. 58. (*b*) *Ibid.* p. 38.

de $57' \ 28''\frac{3}{4}$, qui répondoit à une longueur terreſtre de $55023\frac{1}{2}$ toiſes ; d'où on conclut que le degré du méridien, qui coupe le cercle polaire, ou bien le 76° en allant de l'équateur vers le pôle, eſt de 57438 toiſes, qui ſurpaſſe de 378 toiſes celui que Picart a déterminé entre Paris & Amiens, c'eſt-à-dire, au 50e degré de latitude. Cette différence conſidérable, qui ne pouvoit être produite par aucune des erreurs poſſibles dans les obſervations tant céleſtes que terreſtres (*a*), démontroit que le globe étoit applati vers ſes pôles, comme Newton l'avoit annoncé ; & à plus forte raiſon détruiſoit le ſoupçon d'un alongement vers ces mêmes pôles, qui ſembloit réſulter des meſures faites en France. Si la terre eût été réellement alongée, ſi l'hypotheſe établie ſur ces meſures par Jacques Caſſini, eût été exacte, le degré meſuré au cercle polaire, auroit été trouvé plus petit d'environ 950 toiſes. C'eſt ainſi que fut terminée cette grande entrepriſe, qui donna la première ſolution du problême de la figure de la terre.

MM. Godin, de la Condamine & Bouguer, partis pour la zone torride, ſe rendirent au Pérou, où le Roi d'Eſpagne avoit donné les ordres néceſſaires à la facilité de leurs opérations, & où ils trouverent deux officiers de la marine eſpagnole, don Georges Juan, & don Antoine de Ulloa (*b*), nommés par le Roi pour aſſiſter au travail des Académiciens François, & pour lui en rendre compte. Les Académiciens

(*a*) M. de Maupertuis, pour évaluer les erreurs poſſibles, a ſuppoſé que dans leurs triangles on s'étoit toujours trompé de 20″ ſur la meſure des deux premiers angles, & de 40″ ſur celle du troiſieme, que toutes ces erreurs étoient dans le même ſens, & tendoient toujours à diminuer la longueur de l'arc ; le calcul fait d'après cette étrange ſuppoſition, il ne ſe trouve que $54\frac{1}{2}$ toiſes pour l'erreur qu'elle pourroit cauſer, *Fig. de la terre*, p. 66. Voilà pour les meſures géodeſiques. Quant aux céleſtes, elles ne peuvent pas être en erreur de plus de 2″. *Ibid.* p. 124. Deux ſecondes répondent à trente-deux toiſes.

(*b*) Don Georges Juan eſt mort depuis quelques années, & Don Antoine de Ulloa eſt vivant.

s'établirent à Quito, presque sous l'équateur, & choisirent pour leur opération une longue vallée où se trouve cette ville, & qui s'étend entre deux chaînes de montagnes, les plus hautes peut-être de celles qui dominent sur le globe (*a*). Cette vallée va du nord au sud, & à peu près dans le sens du méridien. Les montagnes qui la bordent sembloient offrir de grandes facilités pour y établir des signaux; mais le sommet de ces montagnes est le plus souvent inaccessible, à cause de leur hauteur. Elles s'élevent trop dans l'atmosphère; elles ont leur tête dans cette région froide de l'air, où les frimats regnent pendant toute l'année, malgré les feux d'un soleil toujours à plomb. Un petit nombre de nos montagnes d'Europe ont leurs sommets sans cesse blanchis par la neige. Là non seulement le sommet en est couvert, mais cette neige descend & subsiste sur quelques-unes huit cent toises au-dessous (*b*). Tandis que le sommet est inaccessible par la neige glacée, les ravines, les précipices, la roideur de la côte en rendent la montée dangereuse & pénible; le trajet le plus court demande souvent beaucoup de tems, parce que les communications sont difficiles. Ces contrées montueuses, & comme isolées dans l'atmosphère, sont exposées aux ravages des ouragans, elles sont le séjour des brouillards & des nuages. Les observateurs y étoient souvent plongés des mois entiers,

(*a*) Ces montagnes sont nommées dans le pays *les Andes*, nous les désignons par le nom de *Cordilières*.

(*b*) La montagne de Chimboraço est élevée de 3217 toises au-dessus du niveau de la mer. C'est la plus haute des montagnes connues du globe. La neige commence à 2440 toises, & la couvre jusqu'à son sommet; & comme les nuages les plus légers s'élevent, selon M. Bouguer, 1000 ou 1200 toises au-dessus, il s'ensuit que s'il y avoit des montagnes assez hautes, on les verroit couvertes de neige depuis 2440 toises jusqu'à 4400 toises d'élévation. Ensuite leur sommet seroit nu, non par la cessation du froid qui augmente toujours en s'élévant dans l'atmosphère, mais parce que les vapeurs de la terre ne s'y éleveroient pas pour se former & retomber en neige. *Bouguer, Fig. de la terre*, p. 4.

attendant ſur ces hauteurs que la chûte des brouillards leur rendît la vue de la terre & des objets environnans. Souvent alors les ſignaux placés ſur d'autres montagnes, n'exiſtoient plus, tantôt renverſés par le vent, tantôt volés par les Indiens. Il falloit alors les replacer avec une nouvelle fatigue, de nouveaux dangers, & une nouvelle perte de tems. Dans la zone torride, on n'imagine que l'excès de la chaleur, on croit ne braver que les feux du ſoleil : mais la nature conſerve dans ces montagnes un froid égal à celui des pôles; toutes les ſaiſons de l'année y regnent à la fois, depuis l'été brûlant jusqu'à l'hiver le plus rude. M. de la Condamine cherchant à monter ſur la bouche du volcan de Pichincha, ſurpris ſeul par la nuit, perdu dans les bois qui couronnoient la montagne, & à la hauteur où on commence à voir tomber une pluie auſſi froide que la neige qui tombe un peu plus haut, penſa y périr : il ſentoit ſes pieds ſe glacer, lorſque le jour long-tems attendu commença à paroître; ſes habits, ſon chapeau, ſes cheveux étoient roides de glace & hériſſés de frimats. Il étoit tems que la lumière du jour vînt lui montrer ſon chemin, & lui permettre de deſcendre pour faire allumer du feu, pour trouver même un climat plus doux, & pour échapper au danger de périr de froid, danger difficile à prévoir ſur un volcan *(a)*. Ce ſont ces dangers & ces fatigues qui ont éprouvé le zele des Académiciens François; ce ſont ces difficultés réunies & rencontrées à chaque pas, qui ont retardé le ſuccès de leur entrepriſe. La meſure du degré au cercle polaire avoit été achevée en moins d'un an; celle de la zone torride le fut à peine en huit ans. M. Bouguer ne revint en France qu'après cet intervalle de tems, & même M. de la Condamine, qui prit une

(a) La Condamine, Voyage à l'équateur, Introd. p. 150.

route plus longue & plus difficile, ne fut de retour que neuf ans & demi après son départ.

Les instructions données par l'Academie, & les ordres du Roi portoient que les Académiciens mesureroient les degrés de l'équateur en même tems que ceux du méridien. Ces mesures, également exactes, auroient pu seules déterminer la figure de la terre. Si la terre est sphérique, ces différens degrés seront égaux entr'eux; mais les degrés du méridien seront plus petits, si la terre est applatie, & plus grands, si elle est alongée.

La mesure d'un arc de l'équateur n'est pas aussi favorable que celle d'un arc du méridien; si tout est égal pour les opérations terrestres & géodésiques, il n'en est pas de même des observations astronomiques par lesquelles on détermine la grandeur de l'arc céleste. Quand on opere dans le méridien, on cherche la différence de latitude (*a*); les latitudes sont observées avec des quarts de cercle, & ces instrumens, lorsqu'ils ont une grandeur suffisante, peuvent donner une précision d'environ deux secondes, qui répondent à 32 toises sur la terre. Dans l'équateur & dans les parallèles, on ne connoît la différence de longitude des lieux que par le tems, par la différence des heures que l'on y compte au même instant; mais chaque seconde de tems répond à 15 secondes de degré en longitude, & si on se trompe de deux secondes de tems, l'erreur est quinze fois plus grande par une mesure que par l'autre. En conséquence des réflexions ultérieures de l'Académie, & sur un mémoire de M. Clairaut (*b*), M. le Comte de Maurepas se détermina à mander aux Académiciens de se borner à mesurer les degrés du méridien. Il y avoit déjà entr'eux quelque division sur cet

(*a*) *Suprà*, Tome II. p. 346.

(*b*) La Condamine, Voy. à l'éq. Intro. p. 43.

article ; M. Bouguer avoit envoyé en France un mémoire où il montre que la mesure de deux degrés de l'équateur est assujettie à une erreur d'un deux cent quarantieme, & où il établit par conséquent que cette mesure est inutile (*a*). M. de la Condamine soutenoit au contraire qu'en mesurant trois degrés de longitude, comme on pouvoit le faire au Pérou, & en se servant de la méthode des feux (*b*), il étoit possible de ne commettre qu'une erreur d'un quatorze centieme ; erreur à peu près égale à celle qu'on peut craindre dans la mesure des arcs du méridien. Il est certain que cette dernière mesure paroîtra toujours préférable ; la mesure des degrés de l'équateur n'eût pas valu la peine du voyage. Mais les Académiciens étoient sur le lieu même, ils avoient l'occasion de mesurer quelques degrés du cercle, sans doute le plus régulier du globe ; ils pouvoient ajouter cette mesure à celle du méridien, & joindre, pour déterminer la figure de la terre, ce nouveau résultat à ceux que l'on tire de la comparaison des différens degrés du méridien. Quoi qu'il en soit de cette question, elle fut décidée par les ordres du Roi. On n'avoit encore rien fait pour la mesure de l'équateur (*c*) ; il n'y eut point de tems perdu, & celle du méridien fut suivie avec constance.

(*a*) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1736, p. 458.

(*b*) Pour connoître la différence des tems comptés au même instant dans deux différens lieux, il faut un signal qui soit également apperçu dans tous les deux, & qui avertisse les observateurs de marquer cet instant à leur pendule. Si ce signal est donné par un phénomène du ciel, il y a toujours de légères causes d'incertitude & d'erreur, qui peuvent être négligées, lorsqu'il s'agit de déterminer une assez grande distance ; mais la méthode ne peut plus être employée lorsque la distance est petite, l'erreur seroit dans une trop grande proportion avec elle. Un feu allumé subitement sur une montagne, visible à la fois dans les deux lieux, n'a pas les mêmes inconvéniens. C'est un signal instantané ; l'instant de son apparition peut être exactement marqué dans les deux observatoires, & il n'y a plus de source d'erreur ; que celle qu'on peut avoir commise en réglant la pendule. Cette erreur est toujours très-petite ; & d'ailleurs elle est commune à toutes les méthodes où l'on emploie le tems & les horloges.

(*c*) La Condamine, Voyage à l'équat. Introd. pag. 41 & 42.

Cette mesure fut étendue à plus de trois degrés dans la longue vallée que les Cordilières renferment dans leur sein, & qui s'étend du midi au nord, bordée des deux côtés par les deux chaînes de ces montagnes ; les Académiciens mesurerent dans la suite de leurs triangles une longueur de 176950 toises, c'est-à-dire, de plus de 75 lieues. Les observations astronomiques faites à Cotchesqui (*a*) & à Tarqui, aux deux extrémités de cette distance terrestre, donnerent l'amplitude de l'arc céleste de 3° 7′ 1″, qui répondoit sur la terre à 176950 toises ; d'où on conclut la longueur du degré de 56775 toises. Mais ce degré est mesuré sur un sol beaucoup plus élevé que le nôtre ; c'est comme s'il appartenoit à un globe d'un plus grand rayon. Pour comparer ces degrés mesurés en différens lieux & à différentes élévations, il faut les ramener tous à une élévation commune, à une même distance du centre de la terre ; cette distance, ce niveau est donné par la nature à la surface des mers. On est donc convenu de réduire toutes ces mesures à ce qu'elles seroient, si elles avoient été prises au bord de la mer : le degré du Pérou ainsi réduit, se trouve de 56753 toises (*b*) ; ce résultat, le fruit du travail de trois habiles Académiciens pendant huit années, doit avoir une exactitude proportionnée aux soins employés pour l'obtenir. Quant à la mesure terrestre, les Académiciens, leurs Aides, les Officiers Espagnols s'étoient partagés en deux troupes, qui se suivoient sur les deux chaînes de montagnes, où étoient appuyés les triangles ; ces deux troupes passoient continuellement d'une chaîne à l'autre. Les trois angles de chaque triangle étoient exactement mesurés, ainsi que la hauteur de chaque station, pour

(*a*) Cotchesqui est presque sous l'équateur, & Tarqui à un peu plus de 3° de latit. mérid.

(*b*) Bouguer, Fig. de la terre, p. 274. 56750, selon M. de la Condamine. Voy. à l'équat. p. 229.

tout réduire au même niveau ; la bafe d'où dépend toute l'exactitude des calculs, fut mefurée féparément par chacune des deux troupes, avec des foins particuliers dont il faut voir le détail dans les ouvrages mêmes (*a*). Quant aux obfervations aftronomiques, elles ont été recommencées plufieurs fois (*b*), & faites par chacun des trois Académiciens & des deux Officiers Efpagnols ; c'eft donc une des déterminations les plus exactes qu'on puiffe laiffer à la poftérité. Mais pour donner à cette poftérité les moyens de vérifier l'exactitude d'une opération fi importante, M. de la Condamine imagina de fixer par des monumens durables les deux points qui terminent la bafe mefurée ; d'y élever deux pyramides en l'honneur de la Nation Françoife & des Académiciens, qui avoient exécuté cette grande entreprife. M. de la Condamine éprouva beaucoup de difficultés ; il y eut un procès pardevant l'audience royale de Quito, quoique l'érection de ce monument n'eût été décidée qu'en vertu d'un arrêt de cette audience. Cette érection fut confirmée par un fecond arrêt ; mais peu de tems après le départ des Académiciens, des ordres furent donnés pour la démolition des pyramides. M. de la Condamine obtint fur fes repréfentations, un contr'ordre de la Cour d'Efpagne ; ce contr'ordre arriva trop tard, les pyramides étoient démolies. Nous ignorons fi l'ordre a été exécuté, & fi elles ont été réédifiées ; mais les auteurs de la mefure, les Académiciens, n'étoient plus au Pérou pour placer avec l'exactitude néceffaire ces monumens aux deux termes de la bafe. Le moindre doute fuffit pour les dépouiller de leur authenticité : peut-être ne fubfiftent-ils plus ; mais s'ils ont été relevés, c'eft fans utilité pour l'avenir (*c*).

(*a*) Bouguer, p. 37.
La Condamine, p. 4.

(*b*) La Condamine, Introduc. p. 135.

(*c*) *Id. Ibid.* p. 219.

Avant

Avant de parler des résultats de cet important travail, nous devons faire mention de quelques autres fruits du voyage même. L'expérience des horloges, qui retardent très-sensiblement sous l'équateur, l'accourcissement qu'on est obligé de faire à la verge du pendule (*a*), prouvent que la pesanteur des corps est moindre à l'équateur qu'elle n'est à Paris, & vers le pôle dans les contrées septentrionales où nous avons pénétré; à Pello dans la Laponie, ce pendule a été trouvé plus long qu'à Paris de soixante centiemes ou de trois cinquiemes de ligne, & plus long qu'à l'équateur de deux lignes six centiemes (*b*). Il étoit intéressant d'examiner si cette diminution de la pesanteur est uniquement l'effet de la rotation de la terre, ou de la force centrifuge qui en résulte, & dont les loix sont bien connues. M. Bouguer reconnut par ces longueurs du pendule, que la pesanteur diminue plus en allant du pôle à l'équateur, qu'elle ne devoit le faire à raison de la force centrifuge (*c*). Il y a donc quelqu'autre cause qui conspire avec cette force, pour diminuer la pesanteur; cette cause naît de ce que la terre n'est pas homogène. Nous verrons bientôt que la théorie a conduit M. Clairaut à la même vérité, où M. Bouguer arrive ici par l'expérience.

Ce n'est pas tout; cette force, abstraction faite de la force centrifuge, ne peut pas être considérée comme constante, même sur notre globe. Lorsque Newton a enseigné que le mouvement des corps célestes étoit produit & réglé par une attraction vers un corps central, que la force de la

(*a*) *Suprà*.

(*b*) Longueur du pendule à Pello 3 pieds 9 lignes, 17.
Maupertuis, Fig. de la terre, p. 180.
A Paris 3 pieds. 8 lig. 67.
Mem. de l'Acad. des scienc. 1735, p. 153.
Sous l'équateur 3 pieds 7 lig. 07.
Bouguer Fig. de la terre, p. 338.
Ces longueurs sont celles qu'auroit le pendule dans le vide.

(*c*) Bouguer, Figure de la terre, pag. 347.

terre pour aſſervir la lune étoit ſemblable à la peſanteur, qui produit ſous nos yeux la chûte des corps, il a montré que cette force de l'attraction ou de la peſanteur diminue en raiſon inverſe du carré des diſtances; mais on avoit été ſi long-tems à diſtinguer la phyſique du ciel de celle de la terre, qu'on avoit quelque peine à admettre entr'elles une conformité entière & rigoureuſe. On penſoit du moins que nés & fixés à la ſurface de la terre, nous approchons ou nous nous éloignons ſi peu de ſon centre, ſoit par les excavations permiſes à nos forces & à notre induſtrie, ſoit ſur les montagnes que nous offre la nature, qu'un ſi petit changement de diſtance à l'égard du centre, ne permettoit pas à la peſanteur de varier ſenſiblement. Les expériences délicates du pendule ont fourni des moyens qu'on n'eſpéroit pas. M. Bouguer ſe voyant dans les Cordilières, à la plus grande hauteur où un homme ſoit jamais monté, imagina de répéter l'expérience du pendule & de déterminer ſa longueur à différentes élévations. A Quito, étant élevé de 1466 toiſes au-deſſus du niveau de la mer, il trouva qu'il falloit accourcir le pendule de 33 centiemes de lignes; c'eſt une preuve ſans replique qu'en quittant le bord de la mer, & en s'éloignant du centre de 1466 toiſes de plus, la peſanteur étoit ſenſiblement diminuée. Mais ce n'eſt pas tout; étant monté ſur le ſommet de Pichincha, élevé de 2434 toiſes au-deſſus de la mer, & de 968 toiſes au-deſſus de Quito, il fallut encore accourcir le pendule de 19 centiemes de ligne: cette hauteur eſt le dernier terme où l'on peut atteindre, c'eſt là que commence la neige éternelle. Les montagnes, qui, comme Chimboraço, s'élevent plus haut dans les nues, ont leur ſommet inacceſſible; cette ſeconde expérience confirmoit la première, & montroit une diminution plus forte, en raiſon d'une diſtance plus grande. Mais il y a cela de remarquable,

que ces diminutions de la pesanteur sont, à très-peu près, dans la raison inverse du carré des distances, conformément à la loi que Newton a déduite du mouvement des corps célestes & des grandes opérations de la nature : c'est là qu'elle est dans sa majesté imposante ; ici elle étoit cachée sous des variations presque insensibles, elle étoit profonde, difficile à pénétrer, parce qu'elle agissoit en petit.

Tout ce qui concerne l'attraction, cette propriété générale & si singulière de la matière, mérite d'être approfondi : nous avons dit que les accourcissemens du pendule ne donnoient, dans la diminution de la pesanteur, qu'à peu près la raison inverse du carré des distances ; pourquoi cet à peu près ? Pourquoi cette loi ne s'apperçoit-elle pas aussi exactement dans les montagnes de la terre, & sur sa surface où nous observons les phénomenes, que dans ces orbites éloignées, où le soleil exerce un empire absolu, & où la nature avoit écrit sa loi pour Newton ? M. Bouguer a cherché la raison de cette différence, & voici ce qu'il a pensé : les groupes des hautes montagnes forment une petite masse ajoutée à la terre ; elles s'élevent de la surface comme un second sol placé sur le premier. Ce second sol est plus éloigné du centre, & si ces montagnes étoient continues, leur enveloppe sphérique augmenteroit le globe, aggrandiroit son rayon : le tout formeroit un globe plus grand, une masse plus puissante ; & comme l'attraction est en raison de la masse, il en résulteroit pour les corps une tendance, ou une pesanteur plus grande. Mais l'attraction des parties lointaines d'un corps est presque nulle en comparaison de l'attraction des parties voisines : quoique la continuité de ces montagnes sur tout le globe n'existe pas, les effets sont les mêmes sur les corps sollicités à descendre dans ces montagnes, & par conséquent sur le pendule, dont la lentille tombe à chaque

ſeconde pour accomplir ſa vibration. Ainſi, d'une part, quand on eſt à cette élévation, la peſanteur eſt diminuée, parce qu'on s'eſt éloigné du centre où elle ſemble réſider dans toute ſon énergie ; de l'autre côté, cette même peſanteur eſt augmentée, parce qu'on eſt au milieu d'une quantité de matière, qui ajoute à la maſſe du globe, pour la rendre plus puiſſante, plus attractive; il ſemble qu'on ſoit paſſé ſur un globe plus grand & d'un plus long rayon. Ces deux effets ſont oppoſés, ils peuvent ſe balancer, ſe détruire ; il eſt poſſible que l'excès obſervable ſoit également de l'un ou de l'autre côté. Le volume de ces groupes de montagne peut être plus ou moins grand, compoſé de matières plus peſantes ou plus legères: la quantité même de ces matières peut être moindre que le volume ne l'annonce; car les volcans, qui ont travaillé les montagnes, en ont brûlé & ſouvent vidé l'intérieur, il ne reſte quelquefois que les murailles de ces fourneaux dévorans. Il dépendoit donc du haſard, c'eſt-à-dire, du concours de ces différentes circonſtances, que la peſanteur ſur le ſommet de Pichincha fût plus petite ou plus grande qu'au bord de la mer. Les circonſtances ont bien ſervi M. Bouguer, pour mettre ſous ſes yeux, en peu de tems, & dans peu d'eſpace, les variations de la peſanteur, dont la loi a été ſi long-tems inconnue (*a*). Mais ſi la puiſſance attractive des Cordilières avoit été plus conſidérable, il auroit pu arriver que la peſanteur s'y trouvât la même qu'au bord de la mer; M. Bouguer cependant auroit vu par le calcul, qu'en conſéquence des loix découvertes par Newton, le pendule devoit y être accourci d'environ une demi-ligne. Une demi-ligne ne peut manquer d'être ſenſible, les obſervations ne permettent point cette erreur ; l'expérience

(*a*) Bouguer, Fig. de la terre, p. 338.

eût paru en contradiction avec la théorie. Mais qu'auroit-on pensé, s'il avoit fallu alonger le pendule, au lieu de l'accourcir; & si ce phénomene eût annoncé par une fausse apparence, que la pesanteur augmentoit en s'éloignant du centre de la terre ? On en peut tirer une leçon utile pour les observateurs, & pour les philosophes qui osent comparer les effets à leurs causes. Il ne faut pas se presser de condamner celles-ci, quand ceux-là ne sont pas entierement d'accord avec elles : qui doute que la nature n'ait pas encore, n'aura pas toujours des causes cachées ? Elle en a qui détruisent en partie & en secret le résultat de celles qui sont apparentes. Les causes ne doivent être appréciées, jugées que sur l'ensemble des faits expliqués : ceux qui n'ont pu l'être sont des exceptions. Il faut penser que leur explication est réservée à d'autres tems, à des hommes plus heureux ; ou que ces causes seront à jamais ensevelies dans le mystere impénétrable, qui est partout le terme de nos recherches.

Ces montagnes paroissent donc capables de modifier l'attraction du globe ; quoique petites en comparaison de sa masse, leur action peut être sensible. Mais ici cette action est mêlée, combinée avec la puissance de ce globe : nous pouvons nous tromper toutes les fois que nous tentons de séparer ce qui est uni par la nature ; une action ne peut être bien connue que lorsqu'elle agit seule, & que ses effets sont à nu. M. Bouguer se proposa d'isoler cette action pour l'apprécier. Le fil à plomb de nos quarts de cercle marque dans nos instrumens la ligne verticale dirigée du zénith au centre de la terre ; & lorsqu'on regarde un astre par la lunette, l'angle que la direction de cette lunette fait avec le fil à plomb, avec la ligne verticale, détermine la distance de l'astre au zénith. Le fil est vertical, parce qu'un petit globe de métal suspendu à ce fil, pese vers

la terre ; ce qui montre que, s'il étoit libre, il tomberoit, en obéissant à l'attraction de la terre. Mais en plaçant cet instrument au pied d'une haute & vaste montagne, elle s'éleve à côté de l'instrument, &, comme lui, du sol vers le ciel ; si elle est capable d'action sur le fil, ou plutôt sur le petit globe suspendu, elle doit l'attirer vers elle, & le détourner de sa direction verticale. Alors le zénith de l'instrument change en apparence ; & lorsqu'on répete les observations des mêmes astres dans un autre lieu assez distant de la montagne, pour que sa foible attraction soit éteinte, le zénith redevient le vrai zénith du lieu. Si les observations comparées indiquent une variation du zénith, cet effet entierement dû à l'attraction de la montagne, manifestera son action, parce qu'elle agit dans une direction absolument différente de celle de la terre.

Il falloit, pour essayer cette expérience, choisir la montagne la plus élevée, celle qui auroit la plus large base & le plus grand volume, celle en même tems qui sembleroit n'avoir été ni brûlée, ni vidée dans son intérieur par les volcans. Quoique la Cordilière offre un grand nombre de montagnes, il en est peu où ces circonstances soient complettement réunies. Chimboraço, la plus haute des montagnes de la terre, parut la plus favorable, & M. Bouguer s'y arrêta ; il pensoit, en ayant égard au volume de cette montagne, & en lui supposant une masse proportionnée, qu'il étoit possible que son attraction fût la 200[e] partie de celle de la terre. Cette force étoit suffisante pour détourner le fil vers la montagne, en sorte que le zénith fût déplacé de 1′ 43″, quantité qui eût été très-sensible ; les observations n'ont donné que 7″ ½ (*a*). Cette quantité est bien

(*a*) Bouguer, Fig. de la terre, pag, 367 & suiv.

petite pour être décisive; on peut craindre qu'elle ne soit due aux erreurs inévitables dans les observations. Cependant M. Bouguer ne le croit pas, & l'Astronôme de bonne foi est le meilleur critique & le meilleur juge de ses observations; il résulte au moins d'un effet si foible, que cette montagne a été, comme les autres, minée par les volcans.

D'autres effets se sont joints à l'observation précieuse de M. Bouguer, pour confirmer l'attraction des montagnes. M. de la Caille, dans le travail de la prolongation de la méridienne de l'Observatoire & de la carte de France, a pris le parti d'abandonner, pour la détermination du degré, les observations célestes faites à l'extrémité de cette méridienne, vers Perpignan, & trop près des Pyrenées (*a*). Nous citerons bientôt plusieurs exemples semblables; nous nous hâtons de rapporter une expérience plus décisive. M. Maskeline, Astronôme royal d'Angleterre, remarqua que celle qui avoit été faite au Pérou, laissoit encore quelque doute, & à M. Bouguer lui-même, puisque cet Astronôme desiroit que l'on trouvât en France & en Angleterre quelque montagne assez grosse pour avoir une attraction sensible, sur-tout en doublant son action (*b*). D'ailleurs M. Bouguer n'avoit employé qu'un quart de cercle de deux pieds & demi: il avoit été fortement incommodé du vent dans une de ses deux stations; & dans ces recherches délicates, il est essentiel que l'instrument soit bon, & que l'observateur soit à son aise. M. Maskeline avoit un secteur de 10 pieds de rayon; il résolut de s'en servir pour décider une question importante, & pour remplir le vœu de M. Bouguer. Il trouva heureusement dans la province du comté de Perth, au centre de l'Ecosse, une montagne assez haute, bien détachée

(*a*) Mém. Acad. des Scien. 1758, p. 243.

(*b*) Bouguer, Fig. de la terre, p. 389.

de toutes les autres, & fort large par ſa baſe; il ſe propoſa de déterminer par des obſervations céleſtes des mêmes aſtres, faites au nord & au midi de la montagne, la différence de latitude, ou la diſtance des deux parallèles entre leſquels la montagne étoit compriſe. En déterminant enſuite cette diſtance par des opérations géodéſiques, ſi ces deux meſures priſes ſur la terre & dans le ciel, ſe trouvoient différentes, ſi la meſure géodéſique étoit plus petite, c'étoit une preuve que dans les deux ſtations la montagne avoit attiré le fil à plomb, déplacé chaque fois le zénith en ſens contraire, & aggrandi la diſtance céleſte. C'eſt préciſément ce qui arriva. M. Maskeline a mis dans cette recherche tout le ſoin & toute la ſagacité qu'on pouvoit attendre d'un Aſtronôme tel que lui; il n'a épargné ni le travail, ni la peine; il a obſervé 43 étoiles, & fait en tout 337 obſervations (*a*); il a trouvé la diſtance des parallèles de 54″, & cette quantité priſe par un milieu, ne differe des extrêmes que d'à-peu-près 2″ (*b*). Les meſures géodéſiques lui ont donné cette même diſtance de 4365 pieds, qui répondent, ſuivant la latitude du lieu, à 42″, 94: la diſtance céleſte avoit donc été aggrandie; les zéniths avoient été déplacés de 11″, 6. Mais comme cet effet appartient à un double déplacement, comme il réſulte des deux attractions égales de la montagne au nord & au midi, il s'enſuit que chaque attraction a déplacé le zénith, a attiré le fil de 5″, 8 (*c*). Cette quantité eſt encore plus petite que celle qu'avoit obtenue M. Bouguer, mais deux raiſons la rendent plus concluante; 1°. parce qu'une ſeconde expérience l'eſt toujours davantage que la première, quand elle donne un réſultat ſemblable;

(*a*) *Voy.* ſon Ouvrage ſur l'attraction des montagnes, p. 22.

(*b*) Maskeline, attrac. des monta. p. 32.

(*c*) *Ibid.* p. 34.

2°. parce que l'instrument étoit meilleur & les commodités plus grandes. On ne peut donc plus douter que les montagnes ne soient, comme notre globe, capables d'attraction ; il n'y a plus de raison pour refuser cette propriété aux plus petites portions de la matière. Car si la lune retenue dans son orbite par la puissance de la terre, si tous les corps, en se précipitant vers la surface de notre globe, ont manifesté la force attractive des grands corps, pourquoi la plus haute montagne, toujours petite & chétive en comparaison de la terre, auroit-elle la même propriété, si cette force attractive n'étoit pas une loi générale, & si le moindre grain de sable en étoit privé? On peut s'étonner que, malgré ces preuves multipliées, Newton ait encore des adversaires ; c'est que ces preuves ne sont pas encore assez connues, c'est que tout le monde n'a pas la balance pour les peser. On ne comprend pas l'attraction; mais l'homme qui en doute, comprend-il comment il existe ? Nous vivons, & l'attraction agit par la volonté de l'Être suprême ; ce sont deux faits de la nature, dont les causes & le méchanisme nous sont également inconnus.

Revenons aux résultats des mesures prises au nord & à l'équateur. Le degré mesuré en Laponie avoit été trouvé de 57438 toises ; ce degré, comparé au degré déterminé en France par Picard de 57060 toises, donneroit, pour le rapport des axes de la terre, celui de 121 à 122 ; c'est-à-dire, que la terre seroit applatie au pôle de la 122e partie du diametre de l'équateur. Cet applatissement differe beaucoup de celui qui avoit été annoncé par Newton ; la théorie ne lui avoit donné qu'un 230e. On espéroit de la mesure faite au Pérou, un résultat plus conforme à la théorie & plus exact, parce qu'il seroit conclu de mesures plus éloignées & plus différentes. Cependant on avoit quelques soupçons sur l'ancienne opération de Picard. Ces soup-

çons ne se portoient pas sur la mesure géodésique; mais si l'habile observateur inspiroit beaucoup de sécurité à cet égard, il n'en étoit pas de même de la mesure de l'arc céleste. Bien des choses avoient changé depuis Picard; les instrumens étoient infiniment perfectionnés, les mouvemens apparens des étoiles découverts en Angleterre, devoient modifier les résultats de cet Astronôme, & l'Académie jugea nécessaire de répéter la mesure du degré entre Paris & Amiens. Les Académiciens nommés pour cette vérification, tranquilles sur la partie géodésique, ne s'occupèrent que de la longueur de l'arc céleste; & ayant refait les observations astronomiques avec soin & avec de bons instrumens, ils trouverent que Picard s'étoit trompé de 123 toises. Selon leurs observations, le degré répondoit à 57183 toises: il résultoit de ce nouveau degré un applatissement plus petit; il n'étoit plus que d'une 178e partie (*a*). Cependant la description de la France étoit continuée par les ordres du Roi; M. Cassini de Thury, conjointement avec M. l'abbé de la Caille & M. Maraldi, entreprit de vérifier aussi tout le travail de la détermination de la méridienne qui traverse le royaume & va de Dunkerque à Perpignan, en passant par Paris. C'est sur cette longue méridienne qu'étoient comptés & mesurés les degrés de France, qui depuis si long-tems embarrassoient la question de la figure de la terre. Ce travail avoit été commencé par Dominique Cassini; M. de Thury son petit-fils, étoit jaloux de concilier les mesures de France avec les autres, de trouver la source de l'erreur, ou du moins, s'il n'y en avoit pas, de constater authentiquement les différences. Il est à propos de remarquer que toute l'opération de la méridienne avoit été liée aux anciennes mesures de Picard; on partoit de sa base mesurée (*b*),

(*a*) Maupertuis, degré du méridien, p. VI.

(*b*) Méridienne, vérif. Disc. prélim. p. 12.

& ce nouveau travail devoit être une confirmation ou une critique du sien.

Les mesures célestes faites par tout le royaume, & comparées aux mesures faites sur le terrein, ne s'accorderent pas; elles donnerent partout des degrés trop grands, c'est-à-dire, plus grands que celui de Picard. On commença à soupçonner sa base & ses opérations géodésiques; M. de la Caille appercevoit même que pour concilier tout, il auroit fallu que cette base fût plus courte d'environ six toises (*a*). Cette base fut enfin mesurée en 1740 (*b*); elle le fut cinq fois en présence de Commissaires nommés par l'Académie, & il fut bien constaté qu'elle étoit en effet plus courte d'environ six toises. Si l'on a douté du résultat fondé sur des mesures si authentiques, si cette base a été remesurée de nouveau en 1754, c'étoit sans doute par une sorte d'égard pour la réputation de Picard, qui avoit commis cette erreur, & par un scrupule toujours louable, même dans ses excès; au reste cette derniere opération a confirmé complettement celles de MM. de Thury & de la Caille (*c*). Ce scrupule pour une petite erreur sur une longue base, prouve l'attention & le soin que l'on a mis à ces recherches délicates: & ils étoient nécessaires; car il en résultoit une différence de 50 à 60 toises sur la longueur du degré (*d*), & de 4 à 500 toises sur toute l'étendue de la méridienne.

(*a*) Méridienne vérifiée, Disc. prélimin. p. 17.

(*b*) On vérifia aussi l'exactitude de la direction de cette méridienne, & on trouva que le pilier de Montmartre, qui en déclinoit de 6", selon Picard, en déclinoit de 10" par cette vérification qui est complette. C'est tout en pareille matière, de s'accorder à quatre secondes près. Cet accord prouve encore que la position des méridiens ne change pas sur le globe, comme on l'avoit soupçonné jadis (*Suprà*, Tom. I. p. 582), du moins en 67 ans. Mém. Acad. des Scien. 1740, p. 282.

(*c*) Mém. de l'Acad. des Sciences 1754, p. 172.

(*d*) Picard s'étoit trompé de plus de 60 toises. En corrigeant ses observations astronomiques, le degré résultoit de 57183 toises; il n'est réellement que de 57074: il avoit donc commis, dans ses mesures géodésiques, une erreur qui produisoit 109 toises

C'eſt ici qu'on peut connoître la différence des tems & les progrès de la ſcience. Jadis les Chaldéens ſe tromperent de 5700 toiſes ſur le degré, ſans s'en douter (*a*) : les Arabes, plus habiles, ne furent en doute ſur ſa longueur que de 600 toiſes ; ils partagerent l'erreur ſur les deux degrés meſurés, & ſe ſont peu inquiétés que leur détermination fût aſſujettie à une incertitude de 300 toiſes. Aujourd'hui nous diſputons pour quelques toiſes ; on ne craint point de répéter les opérations les plus difficiles pour s'affranchir de cette incertitude.

Trois méridiennes ont été tracées à travers la France ; trois perpendiculaires coupent les méridiennes ; ces longues & pénibles opérations, cette deſcription d'un vaſte royaume, faite la toiſe à la main, & avec la régularité de la géométrie, ſont des travaux inconnus aux anciens. La France en a donné l'exemple ; Dominique Caſſini en a formé le projet, & l'a laiſſé en héritage à ſa poſtérité conſtamment ſavante. Jacques Caſſini ſon fils, M. Caſſini de Thury ſon petit-fils, les deux Maraldi ſes neveux, aſſociés à M. de la Caille, ont marché ſur ſes traces. Le travail tend vers ſa fin ; c'eſt au zele de M. de Thury que nous en devrons l'entière exécution ; la carte de France ſera bientôt complette. Si nous admirons les meſures de quelques degrés, exécutées jadis par Eratoſthènes, Poſidonius, & par les Arabes, que diront nos neveux de cette meſure d'une région entière ! Elle devient un modèle que pluſieurs nations de l'Europe s'empreſſent d'imiter. Ce ſont de telles entrepriſes qui font la gloire d'un peuple. La terre peut changer, les empires ſe détruire, les monumens des

ſur le degré : ſa baſe n'y étoit que pour 60. Mais on a remarqué que Picard, ſur la fin de ſon opération, preſſé par l'approche de l'hiver, s'étoit négligé dans la partie ſeptentrionale de ſes triangles ; & pluſieurs petites erreurs accumulées avoient été ajoutées à la première. (Mém. de l'Acad. des Scien. 1754, p. 185).

(*a*) Hiſtoire de l'Aſtronomie ancienne, p. 147.

ſciences reſtent pour atteſter la grandeur paſſée ; la mémoire s'en conſerve, & dans la ſuite des ſiecles, d'autres peuples admirent le génie & la puiſſance qui ne ſont plus.

Il réſulte du grand travail de la méridienne vérifiée, que la diſtance de Dunkerque à Perpignan eſt de 475650 toiſes pour un arc céleſte de $8^{\circ}\ 20'\ 12''\frac{1}{2}$, d'où on calcule le degré moyen vers 47° de latitude de 57054 toiſes, à ſix toiſes près de celui que Picard avoit déterminé. On s'étonnera peut-être de cet accord, en penſant à l'erreur de ſa baſe ; mais il s'étoit trompé auſſi ſur la meſure céleſte, & les erreurs s'étoient compenſées. Si nous avons quelquefois loué avec juſtice les hautes facultés de l'eſprit humain, il ne faut pas négliger d'obſerver les écueils dont il eſt environné, où ſouvent il échoue, & les raiſons qu'il doit avoir de ſe défier même de ſes ſuccès. Combien d'occaſions ſemblables où il n'arrive à la vérité peut-être que par des mépriſes ! La diſtance de Paris à Perpignan étant de 350142 toiſes pour un arc de $6^{\circ}\ 8'\ 17''$, le degré moyen vers 45° ſe trouve de 57045 toiſes. Quelque hypothèſe que l'on ſuive ſur la figure de la terre alongée ou applatie, une circonſtance favorable fait que le degré moyen entre tous les autres eſt à la moitié de la diſtance du pôle à l'équateur, c'eſt-à-dire, à 45° ; la France ſi heureuſement placée à tant d'autres égards, l'eſt auſſi pour déterminer ſeule la vraie étendue de la circonférence de la terre. Cette circonférence eſt de 20536200 toiſes, & en lui donnant 9000 lieues, dont la valeur eſt réglée & fixée relativement à cette étendue, elles ſeront chacune de 2282 toiſes.

En comparant les différentes meſures de cet arc de huit degrés, on voit que les degrés de Rhodès à Perpignan ſont de 57048 toiſes, de Paris à Amiens, de 57074, & vers Dunkerque, de 57081.

Voilà donc des degrés qui vont en croiſſant vers le pôle, & qui donnent à la terre une figure applatie, conformément à la théorie de Newton & à la meſure faite en Laponie; les meſures de France ne ſont plus en contradiction avec cette théorie. On voit combien dans ces recherches délicates, on peut cependant obtenir de préciſion, comment on parvient à des réſultats certains: la théorie, toutes les meſures de la pratique, faites en France & au nord, malgré l'immenſité de leurs détails, conſpiroient pour accuſer Picard & pour indiquer une erreur de ſix toiſes dans la meſure de ſa baſe; l'erreur de cette meſure étoit le nœud de la difficulté.

M. de Thury & M. de la Caille profiterent des travaux géodéſiques qu'avoient fait naître la prolongation de la méridienne de Paris & la deſcription de la France, pour tenter dans ce même royaume la meſure des degrés de longitude. Les diſtances terreſtres étoient déjà meſurées, il ne s'agiſſoit que de connoître l'arc céleſte qui y répondoit : on employa la méthode des feux (*a*). La diſtance terreſtre & en longitude entre la montagne de Cette en Languedoc, & celle de Sainte Victoire en Provence, fut trouvée de 78600 toiſes, & l'arc céleſte de 7′ 33″¼ de tems, ou de 1° 53′ 19″ (*b*). Il en réſulte que l'étendue du degré de longitude à 43°½ de latitude ou de diſtance à l'équateur, eſt de 41618 toiſes. Ce degré ſeroit ſeulement de 41358, ſi la terre étoit ſphérique; la différence eſt de 260 toiſes, & telle qu'elle doit être pour indiquer que la terre eſt applatie. Cependant elle n'eſt pas déciſive pour la quantité de l'applatiſſement, car ces 260 toiſes répondent à 3″ de tems, & l'erreur poſſible peut égaler au moins la moitié de cette quantité. Mais quand on ſe rappelle les incertitudes que la meſure

(*a*) *Suprà*, p. 22.

(*b*) Mérid. vérif. pag. 15 & 96.

des degrés des parallèles & des degrés de la perpendiculaire à la méridienne, avoient jetées sur la question de la figure de la terre (a), c'est beaucoup que ces mesures semblables donnent les mêmes résultats & viennent à l'appui des mesures plus favorables & plus décisives.

Enfin les Académiciens étant revenus du Pérou, ils apporterent une troisieme mesure que l'on pouvoit comparer avec les deux autres faites en France & en Laponie; mais ces nouvelles connoissances produisirent de nouvelles incertitudes. Le degré de Laponie supposé de 57438 toises, & celui de France qu'on avoit mal-à-propos porté à 57183 toises comparés, avoient donné pour l'applatissement de la terre $\frac{1}{178}^{e}$. (b). Ces degrés réduits à 57422 (c) & à 57074 toises, donnoient $\frac{1}{132}^{e}$: le degré du Pérou de 56750, comparé à celui de France, donnoit $\frac{1}{304}^{e}$; & avec celui du nord, l'applatissement étoit de $\frac{1}{210}^{e}$ (d). Le degré de longitude mesuré en Provence par MM. de Thury & la Caille, comparé au degré de latitude correspondant, donnoit $\frac{1}{169}^{e}$ (e); si l'on y ajoute l'applatissement de $\frac{1}{230}^{e}$ que Newton a déduit de sa théorie, on aura cinq applatissemens différens, conclus des quatre mesures & de la théorie. Il est difficile de différer davantage; la plus grande de ces fractions est plus que double de la plus petite.

M. Bouguer considérant que toutes ces mesures sont également bonnes, également éloignées du soupçon, ne voulut pas en préférer aucune : il pensa qu'il falloit chercher une hypothèse qui permît de les admettre toutes; ou plutôt qu'il falloit

(a) *Suprà*, p. 5.
(b) *Ibid.* p. 34.
(c) On a retranché seize secondes à cause de la réfraction qui avoit d'abord été négligée, & qui n'étoit cependant pas insensible, puisqu'elle produisoit une seconde sur la hauteur des étoiles observées près du zénith.
(d) La Condamine, Voy. à l'équa. p. 258.
(e) Méridi. vérif. p. 114.

choiſir celle qui ſeroit fournie par les obſervations mêmes. Dans un ſphéroïde les degrés croiſſent ou décroiſſent en raiſon des carrés de la latitude ; ici les degrés ne varient point, ſuivant cette loi, mais ſuivant celle des carrés carrés, ou des quatriemes puiſſances. C'eſt la loi qu'il adopta ; cette loi, l'applatiſſement ſuppoſé de $\frac{1}{179}$e, lui repréſenterent très-bien les trois degrés meſurés en latitude, & même celui que M. de Thury & M. de la Caille avoient meſuré en longitude (*a*). Le ſphéroïde de la terre n'étoit plus elliptique, ſa figure en différoit très-peu, mais ſa courbure étoit plus compoſée. On pouvoit demander à M. Bouguer ſi cette hypothèſe étoit phyſique, c'eſt-à-dire, ſi elle étoit conforme aux loix connues de la nature. Il réſultoit de cette loi que la terre étoit plus applatie, ou du moins que ſes degrés de l'équateur au pôle diminuoient plus rapidement que dans un ſphéroïde elliptique. Cependant il ſemble que la rotation uniforme d'un globe autour de ſon axe, ne peut, en rapprochant ſes pôles de ſon centre, lui donner que la figure d'un ſphéroïde elliptique ; mais ces difficultés ne ſont pas les plus grandes.

M. de la Caille ſe trouvant au Cap de Bonne-Eſpérance, où il s'étoit tranſporté pour obſerver les étoiles auſtrales, ayant une activité qui doubloit ſon exiſtence & ſon tems, ſe propoſa de meſurer un degré du méridien, & de répéter ſeul cette grande opération, qui avoit toujours été le produit de la magnificence des Princes & du concours des hommes ; il obtint la même exactitude & la même confiance, en ſe multipliant lui-même, pour ſuppléer au manque de coopérateurs. M. de la Caille détermina ce degré de 57037 toiſes, preſque auſſi

(*a*) Bouguer, Fig. de la terre, p. 303.

grand

grand au Cap de Bonne-Espérance, à la latitude méridionale de 34°, qu'il a été trouvé en France à la latitude septentrionale de 49° ; il sembleroit donc que les deux hémisphères ne seroient pas semblables, & que la terre auroit été plus applatie par le pôle austral que par le pôle boréal. Ce n'est pas tout, MM. Mason & Dixon ont mesuré dans l'Amérique septentrionale un degré qui ne s'accorde ni avec ceux de France, ni avec celui de M. de la Caille. M. l'abbé Beccaria a trouvé en Piémont le degré semblable à celui de France pour la même latitude ; mais MM. Boscovich & Maire, M. Liesganig *(a)*, les uns en Italie, l'autre en Autriche & en Hongrie, ont trouvé des degrés qui ne s'accordent pas avec ceux qui ont été mesurés en France à la même latitude, mais sous un autre méridien *(b)*.

Voilà bien des incertitudes, & assez pour nous apprendre comment la perfection des sciences & des arts devient si difficile, qu'ils ne font presque plus de progrès. Lorsque nous voulons descendre à des mesures trop petites, à des résultats si

(*a*) Liesganig, *Dimensio graduum, &c.* p. 214.

Ce qu'il y eut de très-singulier, c'est qu'en partageant sa mesure en trois intervalles, il trouva trois degrés différens, l'un de 57366 toises, l'autre de 57085, le troisieme de 56899. Le P. Liesganig avoit cependant opéré dans toutes les mesures, tant géodésiques que célestes, avec l'intelligence & les précautions nécessaires ; il avoit fait usage d'un sextant de 10 pieds de rayon. Mais il pense que l'attraction des montagnes de Stirie a produit ces différences, trop grandes pour être attribuées à l'erreur des opérations faites par un homme aussi capable que lui. (*Trans. philos.* 1768, p. 15.). Voilà une nouvelle preuve de l'attraction des montagnes.

(*b*) M. Maskeline pense que les méridiens peuvent n'être pas semblables, ou du moins que l'attraction des montagnes a beaucoup altéré quelques-unes de ces mesures. (*Trans. philos.* 1768, p. 270.

M. Cavendish a examiné la chose plus scrupuleusement, & ayant calculé géométriquement l'effet des inégalités de la terre, il a trouvé que d'une part l'attraction des montagnes, de l'autre, pour les mesures qui ont été faites près de la mer, l'attraction plus foible de l'eau ont pu produire une différence de 60 à 100 toises dans la longueur du degré. Ce n'est donc que par de nouvelles recherches sur les circonstances de toutes ces mesures, qu'on pourra parvenir à les faire accorder, ou bien il faudra se résoudre à ignorer toujours la vraie & exacte figure de la terre (*Ibid.* p. 323.

fins & si délicats, qu'ils échappent à nos sens & à nos moyens, nos opérations ne peuvent plus correspondre aux vues de l'esprit, & la perfection que nous appercevons, que nous croyons saisir, s'éloigne sans cesse & recule devant nous, comme ces objets que le voyageur trompé voit à peu de distance, & croit être prêt d'atteindre. Mais quelque contradiction que nous ayons remarquée dans les résultats précédens, il est des points sur lesquels ils s'accordent, il est des différences dont on peut soupçonner les causes ; c'est à la théorie que nous devons demander des lumières. Newton & Huyghens avoient tous deux enseigné que dans un globe primitivement fluide, la force centrifuge, produite par la rotation, avoit dû élever l'équateur & applatir les pôles. Huyghens considérant la pesanteur comme une force due au globe pris en masse, trouvoit un applatissement de $\frac{1}{578}$e. Newton, persuadé que cette force naissoit de l'attraction de toutes les parties qui pesent les unes vers les autres, applatissoit la terre, plus que n'avoit fait Huyghens, & faisoit cet applatissement de $\frac{1}{230}$e. Les résultats précédens permettent de prononcer entre les deux théories. Le premier résultat que l'on peut admettre comme vérité, c'est que la terre a été originairement fluide ; ses parties animées par la pesanteur & liées par la cohésion, n'auroient pas obéi à la petite force centrifuge, si elles n'avoient été molles, ou plutôt liquides & capables de glisser facilement, ou de rouler les unes sur les autres (*a*). La quantité déterminée de cet applatissement, quoique presque toujours différente par les différentes mesures, s'éloigne infiniment de l'applatissement que donne la théorie d'Huyghens ; celui-ci n'est à-peu-près que de $\frac{1}{600}$e partie ; le plus petit qui nous soit donné par les observations

(*a*) *Suprà* Tome II. p. 535.

eſt de $\frac{1}{300}$e partie : il eſt donc le double de celui d'Huyghens, & tous les autres s'en éloignent davantage. L'applatiſſement de la terre démontre donc que Newton avoit raiſon d'attribuer l'attraction à toutes les parties de la matière. Mais malgré la vérité du principe, on pouvoit regarder la ſolution du problême comme inexacte & inſuffiſante. Newton, pour déterminer l'applatiſſement de la terre, avoit commencé par la conſidérer comme un ſphéroïde elliptique : elle ne pouvoit avoir cette figure qu'en vertu de ſon applatiſſement ; c'étoit ſuppoſer ce qui étoit en queſtion. M. Stirling démontra le premier la légitimité de cette ſuppoſition, pourvu que la terre ſoit homogène ; alors l'applatiſſement eſt de $\frac{1}{230}$e, comme Newton l'a annoncé. M. Clairaut alla plus loin, il reconnut que la ſuppoſition étoit encore légitime, en regardant la terre comme compoſée d'une infinité de couches concentriques, toutes de denſité différente ; il a traité la matière à fond dans ſon bel ouvrage de la figure de la terre. Il ſe propoſe un problême plus général & plus difficile que celui de Newton, c'eſt de déterminer la figure du globe en établiſſant que toutes ſes parties s'attirent mutuellement, & que toutes ſes couches ſont de denſité différente, & même de figure différente, quoique toutes elliptiques. Les obſervations faites par M. Bouguer & par M. Maskeline, ne permettent plus de croire que la terre ſoit ſenſiblement homogène ; ſi ſon intérieur n'étoit pas beaucoup plus denſe que ſa ſuperficie & ſes inégalités extérieures, l'attraction des montagnes eût été beaucoup plus ſenſible. M. Clairaut, en ſuppoſant que les planetes ont été originairement fluides & non homogènes, trouve 1°. que la peſanteur doit diminuer ſur la ſurface depuis le pôle juſqu'à l'équateur, d'une quantité plus conſidérable que ſi elles étoient homogènes ; 2°. que cette diminution ſera toujours proportionnelle au carré

du cosinus de la latitude (*a*) : ces deux résultats sont conformes à l'expérience. Nous avons vu que M. Bouguer a observé que sous l'équateur la pesanteur étoit plus diminuée qu'elle ne devoit l'être en raison de la force centrifuge (*b*). Quand on compare ensemble les quantités dont il faut accourcir le pendule en différens lieux, à mesure qu'on approche de l'équateur, on trouve que ces quantités varient comme la théorie l'exige. M. Clairaut a vu encore par cette théorie, que la quantité dont la pesanteur au pôle doit surpasser la pesanteur à l'équateur, sera exprimée par le double de l'applatissement qu'auroit la terre si elle étoit homogène, moins l'applatissement réel & donné par l'observation (*c*); il fait voir que cet excès ne peut jamais être moindre que $\frac{1}{230}^{e}$, & l'applatissement jamais plus grand que $\frac{1}{230}^{e}$ (*d*). C'est ici que les observations sont contraires & que la théorie semble en défaut. Quoique nous n'ayons pas déterminé la longueur du pendule, & par conséquent la force de la pesanteur sous le pôle même, nos Académiciens, qui ont été jusqu'au cercle polaire, y ont trouvé le pendule plus long qu'à l'équateur de deux lignes six centiemes. On peut par conséquent en conclure qu'il seroit plus long sous le pôle, au moins d'environ deux lignes quarante centiemes. C'est beaucoup plus que ce qui auroit lieu sur la terre homogène; suivant M. Bouguer, la diminution produite par la force centrifuge n'y feroit alonger le pendule que d'une ligne & demie (*e*). Mais la théorie enseigne que cette diminution ne peut devenir plus sensible qu'aux dépens de l'applatissement. L'applatissement sera d'autant plus petit, que la diminution de la pesanteur sera plus grande; si l'on est obligé d'alonger le pendule au pôle de $2^{l.}\frac{40}{100}^{es}$, comme

(*a*) M. Clairaut, Figure de la terre, p. 295.

(*b*) *Suprà*, p. 25.

(*c*) Clairaut, Fig. de la terre, p. 296.

(*d*) *Ibid.* pag. 297 & 298.

(*e*) Bouguer, Fig. de la terre, p. 346.

nous venons de le supposer, la diminution de la pesanteur à l'équateur sera de $\frac{1}{184}$e, & l'applatissement ne pourra plus être que de $\frac{1}{307}$e. Ce résultat, quant à l'applatissement, differe de ce que donnent la plupart des degrés mesurés. Ce n'est pas que le degré du Pérou comparé à celui de France, ne donne assez précisément un applatissement de $\frac{1}{304}$e; mais comment s'en rapporter à une seule comparaison, lorsque tant d'autres concourent à donner un applatissement plus grand, & quelquefois plus que double.

En suivant les progrès de la théorie, nous trouvons que M. d'Alembert a repris cette grande question de la figure de la terre sous un point de vue plus vaste. La géométrie ne peut s'appliquer à la physique que par les élémens que celle-ci lui fournit; ces élémens sont ou connus par l'expérience, ou supposés comme vraisemblables. La géométrie ne peut pécher que par ces élémens, par les données; si la théorie n'est pas d'accord avec l'expérience, c'est donc sur ces élémens qu'il faut revenir. Jusqu'ici on avoit supposé que dans un fluide composé de couches de différente densité, les couches devoient être toutes de niveau, c'est-à-dire, que la pesanteur devoit être perpendiculaire à chacune de ces couches; M. d'Alembert a cherché la figure des différentes couches du sphéroïde, non seulement en supposant, comme on l'avoit fait avant lui, que ces couches soient fluides, qu'elles s'attirent & qu'elles aillent en diminuant ou en augmentant de densité, suivant une loi quelconque, du centre à la circonférence; mais en supposant de plus, ce que personne n'avoit encore fait, que la pesanteur ne soit point perpendiculaire à ces couches, excepté à la couche supérieure (*a*). Voilà la premiere supposition, dont

(*a*) Encyclopédie, art. Fig. de la terre.

M. d'Alembert a débarrassé la question. Mais la figure elliptique attribuée au sphéroïde est encore une supposition, vraisemblable à la vérité, mais toujours un peu arbitraire. On l'avoit adoptée, parce qu'elle rend la question plus simple & le calcul des attractions plus facile; M. d'Alembert a donné une solution qui peut s'appliquer à une infinité d'autres figures que la figure elliptique. Il ne restoit plus qu'une derniere supposition, c'est que quelle que soit la figure du globe, tous les méridiens sont semblables par leur courbure. M. de Buffon, considérant en naturaliste & en philosophe les inégalités de la surface de la terre, pensa le premier qu'elle n'avoit point une figure régulière (*a*). M. de la Condamine, M. de Maupertuis, M. l'abbé Boscovich qui tous ont mesuré la terre, ne s'éloignerent pas de cette idée. Enfin M. d'Alembert dépouilla encore le problême de cette condition arbitraire de la similitude des méridiens; il supposa que dans le sphéroïde les méridiens n'étoient pas semblables, que non seulement chaque couche y différoit des autres en densité, mais que tous les points d'une même couche différoient également de densité entr'eux (*b*). Toutes ces recherches géométriques sont des ressources pour concilier la théorie avec l'observation; nous ne pouvons pas être encore assurés que la pesanteur est perpendiculaire à toutes les couches de la terre, que sa figure est elliptique, que ses méridiens sont semblables. Ces suppositions peuvent être admises, parce qu'elles sont vraisemblables; l'observation nous apprendra quelque jour celles qui doivent être conservées comme légitimes. La plus importante de ces suppositions est celle de la similitude des méridiens; car si les méridiens different entr'eux par la courbure, on ne peut penser que la figure de la terre soit

(*a*) Hist. nat. *in*-12, Tom. I. p. 240.

(*b*) Encyclop. art. Fig. de la terre.

elliptique, quelle que ſoit la maniere dont elle ſe ſoit conſolidée, & dont elle ait été altérée depuis ſa formation. Si cette formation s'eſt faite avec régularité, on doit trouver partout reſſemblance & régularité : ſi des cauſes puiſſantes ont pu altérer ſa forme ſolide & primitive, ces cauſes n'ont point été locales ni bornées à quelque point du globe ; elles ont eu une étendue analogue à leur puiſſance, elles ont tout changé à la ſurface, & mis partout le déſordre & l'irrégularité à la place de la ſymétrie & de la reſſemblance.

Sans doute la ſurface du globe offre des inégalités ſenſibles; on voit au premier coup d'œil que les deux hémiſphères ont été bien différemment partagés. Au nord de l'équateur ſont les grandes maſſes de terre; ſi ce cercle partage l'Amérique en deux portions à peu près égales, on trouve dans l'hémiſphère boréal l'ancien monde preſqu'entier, c'eſt-à-dire, l'Aſie, l'Europe & les trois quarts de l'Afrique. L'hémiſphère auſtral paroît être le domicile des eaux ; elles y ſont en plus grande quantité, les mers y ſont plus vaſtes, les îles petites & rares, & ces immenſes parties de l'Océan ſemblent les déſerts & les ſolitudes de la mer. Ces mers ont d'ailleurs une grande profondeur ; le midi, pour balancer le nord, oppoſe donc une grande maſſe d'eau à un vaſte continent. Toutes les matières ſolides dont ces continens ſont compoſés dans leur intérieur, ſont plus peſantes que l'eau ; on a peine à concevoir comment ces deux hémiſphères inégalement chargés, peuvent ſe faire équilibre. Il y a plus, toutes les pointes des continens regardent le midi : il ſemble que les eaux ſe ſoient échappées de cette partie du monde pour ſe répandre ſur le globe, & que leur action étant diviſée à la rencontre des terres, elles ſe ſoient écoulées des deux côtés, en amincissant le continent, & en donnant à ſes extrémités cette forme angulaire,

qui ſemble le témoin de l'irruption & de la réſiſtance; mais nous ne connoiſſons point de cauſe phyſique qui ait pu produire cette irruption des eaux.

Dès que le globe a eu pris une forme ſolide, cette forme a été conſtante : tout eſt reſté à la même place dans les limites preſcrites par la nature; les mers ſont attachées à leur lit, comme les montagnes au ſol qui leur ſert de baſe. Tout ce qui pourroit réſulter de ce partage inégal entre les deux hémiſphères, c'eſt que le centre de gravité ne ſe trouveroit pas préciſément au milieu du globe. Cet écart du centre de gravité, qui ne peut être que très-petit, ne doit point influer ſur nos meſures priſes à la ſurface : les inégalités mêmes de cette ſurface ſont nulles en comparaiſon de ſon étendue; les montagnes ne ſont que des points ſur le globe, ce ſont des écarts du niveau, des exceptions à la loi de ſa continuité. Quand on ſuppoſeroit que quelques-unes des régions où nous avons meſuré les degrés, euſſent été conſidérablement élevées, ou excavées par des cauſes violentes & locales, il n'en réſulteroit aucune erreur. Le niveau nous avertit de la pente, le baromètre nous apprend l'élévation au-deſſus des mers; & avec ces données, nous pouvons tout réduire à l'exactitude géométrique, qui n'eſt nulle part dans une nature toujours variée, mais qui eſt la meſure commune à laquelle nous l'avons partout aſſujettie. Ce n'eſt donc pas à tous ces légers accidens de la ſurface qu'on peut attribuer l'incohérence de nos meſures, puiſqu'il eſt démontré que le globe peut être en équilibre avec une figure elliptique. Si par une irrégularité quelconque, ſa vraie forme s'éloigne un peu de cette figure, il faut que cette irrégularité permette l'équilibre; il faut donc qu'elle tienne à l'arrangement général, & qu'elle ait eu lieu au moment de la formation. Mais alors comment une formation, dont

dont les causes sont simples, a-t-elle pu laisser introduire aucune irrégularité ? Ces causes sont la fluidité peu à peu consolidée, la pesanteur, la rotation, la force centrifuge : la fluidité permettoit tout ; la pesanteur auroit imposé au globe la forme sphérique, la rotation a dû rendre circulaires les parallèles à l'équateur, & la force centrifuge semble avoir dû rendre les méridiens elliptiques ; M. Clairaut démontre que les suppositions les plus vraisemblables & les plus naturelles sur l'intérieur du globe, demandent cette figure.

M. de la Place, qui vient de traiter de nouveau la question de la figure de la terre, s'est livré à cette recherche dans un ordre opposé à celui qui avoit été suivi jusqu'ici : on supposoit une figure, & on examinoit si l'équilibre pouvoit la permettre; il a cherché au contraire la figure qui convenoit à l'équilibre. L'équation très-générale seroit entiérement satisfaisante, si elle étoit susceptible d'une intégration rigoureuse ; l'ellipsoïde, comme cela doit être, y est renfermé avec beaucoup d'autres figures. M. de la Place en a exclu un grand nombre. Mais quoique l'ellipsoïde lui paroisse la seule qui s'accorde avec l'équilibre du globe, il n'ose prononcer que cette forme soit en effet unique ; cependant, malgré cette incertitude, il a tiré ce résultat intéressant, que quelle que soit la forme, pourvu qu'elle differe peu de la sphère, les variations de la pesanteur suivent la même loi que dans le sphéroïde elliptique (*a*).

Il y a donc beaucoup d'apparence que la figure de la terre est réellement elliptique. Nous ne dirons pas que les variations sont telles, qu'elles doivent être relativement à cette figure, puisque la figure n'y change rien ; mais nous remarquerons que

---

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scienc. 1772, seconde Partie, p. 536.

la quantité obſervée de ces variations indique un applatiſſement de $\frac{1}{307}^e$. On objectera que cet applatiſſement eſt beaucoup plus petit que celui qui réſulte de pluſieurs degrés meſurés. Ce n'eſt point dans un ouvrage de la nature de celui-ci que nous pouvons diſcuter ces meſures & prononcer entr'elles ; cependant nous devons dire qu'il y a pluſieurs bonnes raiſons qui pourroient porter à croire que l'applatiſſement ne ſurpaſſe pas $\frac{1}{300}^e$ (*a*). 1°. Cet applatiſſement réſulte réellement de la comparaiſon du degré du Pérou avec celui de France ; il pourroit donc être regardé comme vérité d'obſervation. 2°. La théorie enſeigne que ſi la terre eſt homogène, l'applatiſſement doit être de $\frac{1}{230}^e$; ſi la terre ne l'eſt pas, l'applatiſſement doit être moindre. Or il réſulte des variations obſervées de la peſanteur & de la relation néceſſaire entre ces variations & l'applatiſſement de la terre, que cet applatiſſement peut être de $\frac{1}{307}^e$; voilà donc la vérité d'obſervation établie par la théorie. 3°. On peut confirmer encore cette même vérité par l'analogie. Jupiter a, comme la terre, une figure applatie ; ſon applatiſſement eſt même plus conſidérable que celui de notre globe, parce qu'il tourne ſur lui-même en dix heures, & conſéquemment avec plus de vîteſſe que la terre. On trouve par la théorie que cet applatiſſement doit être moindre que $\frac{1}{10}^e$, ſi le globe de Jupiter n'eſt pas homogène ; les obſervations les plus exactes & les plus récentes ne donnent que $\frac{1}{14}^e$ (*b*). On peut donc conclure de la théorie & de l'obſervation que la

(*a*) M. l'abbé Boſcovich, en employant les degrés meſurés par le P. Lieſganig avec les huit autres, a trouvé pour l'ellipticité de la terre $\frac{1}{311}^e$, & ſi l'on omettoit le ſeul degré de Laponie, qui differe ſenſiblement des autres, ſur-tout du degré de l'Amérique ſeptentrionale, & de celui de Bohême, on auroit, ſelon cet auteur, $\frac{1}{341}^e$. Ces deux fractions ne s'éloignent pas beaucoup de $\frac{1}{335}^e$ que M. Boſcovich trouve par la théorie, en faiſant varier les denſités d'une manière aſſez naturelle. (*Voyages aſtron. & géogra.* édition de 1770, pag. 512 & dernière.)

(*b*) Clairaut, Fig. de la terre p. 198 & 303.

matière de Jupiter n'eſt pas homogène. Les recherches ſur l'attraction des montagnes prouvent que l'intérieur de notre globe eſt plus denſe que ſa ſuperficie : la reſſemblance entre les corps du ſyſtême ſolaire & l'analogie, font préſumer que la terre n'eſt pas plus homogène que Jupiter ; l'applatiſſement de la terre doit donc être moindre que $\frac{1}{230}$e, puiſque celui de Jupiter eſt moindre que $\frac{1}{10}$e.

Il eſt vrai que l'applatiſſement de $\frac{1}{307}$e ne s'accorderoit pas avec pluſieurs des degrés meſurés, mais les différences n'ont-elle pas des cauſes probables ? Ici on a opéré ſur les bords de la mer ; on avoit à côté de ſoi un abîme d'eau, qui moins agiſſante que les terres ſolides & peſantes, a pu introduire quelque déviation dans le fil à plomb. Ici on étoit au pied des montagnes, & leur maſſe a pu de même altérer la direction de ce fil. Partout les meſures céleſtes ont été aſſujetties à la petite incertitude inévitable dans les obſervations aſtronomiques; il eſt difficile de répondre de deux à trois ſecondes ; trois ſecondes produiſent 48 toiſes ſur le degré. Les meſures géodéſiques, quoique plus ſuſceptibles de perfection & de vérification, comportent auſſi quelques erreurs : on peut donc ne ſe pas étonner ſi, malgré notre induſtrie, toujours active & vigilante, il reſte encore tant d'incertitudes, après tant d'efforts ; nos moyens ſont bornés, au-delà de leur ſphère, tout reſte dans l'incertitude. La nature agit autour de nous, ſans nous avertir ; elle peut altérer les réſultats les plus vrais, ſoit par les cauſes connues, dont en certains cas l'intenſité & la marche ſont ignorées, ſoit par des cauſes cachées qui ſeront un jour découvertes. Tout eſt courage & induſtrie dans l'eſprit de l'homme; tout eſt ſource d'erreur dans le phyſique, ſoit au-dedans, ſoit autour de lui. Sachons douter, lorſque la certitude nous manque : contentons-nous d'être certains que la terre eſt applatie,

que ſon applatiſſement ne s'éloigne pas beaucoup de $\frac{1}{300}$ᵉ, laiſſons le reſte aux tems à venir ou aux profondeurs de la nature, ſi une connoiſſance plus exacte nous eſt à jamais refuſée.

Il reſte une queſtion importante, qu'il eſt peut-être poſſible de décider, c'eſt celle de la reſſemblance ou de la diſſimilitude des méridiens; les huit degrés meſurés en France, ſous le méridien de Paris, offrent un point de comparaiſon. M. de Liſle avoit propoſé en 1737 à l'Académie de Pétersbourg, d'imiter l'exemple de la France, & de prolonger la méridienne de cette ville dans les vaſtes dominations de l'empire de Ruſſie. Cette méridienne auroit embraſſé 22 ou 23°; celle de Moſcou & celle d'Aſtracan auroient à peu près la même longueur. Si on eût tracé ces lignes, ſi on les eût liées par des triangles, pour connoître la valeur des degrés des parallèles, on auroit meſuré le quart de la diſtance du pôle à l'équateur. Cette ſuite de degrés déterminés montreroit d'une maniere inconteſtable, ſi leurs variations ſont uniformes; ces degrés, comparés à ceux de France, feroient juger ſi les différens méridiens ont une courbure ſemblable ou irrégulière; en même tems les degrés du méridien, comparés à ceux des parallèles, pourroient indiquer ſi la dépreſſion du globe a été accomplie avec une ſorte de généralité, comme la choſe a dû ſe paſſer dans une maſſe entiérement fluide & remuée dans ſon entier par la rotation diurne. L'entrepriſe eſt magnifique, elle eſt d'une exécution pénible, couteuſe, & propre à rebuter des Souverains ordinaires. Mais au tems où nous ſommes, la Ruſſie poſſede une Impératrice que les entrepriſes vaſtes n'effrayent point, & que les entrepriſes utiles encouragent. Si elle veut contribuer au progrès des ſciences, elle ordonnera ces meſures dans ſon empire immenſe; elle joindra ſon nom à ceux des auteurs

des grandes découvertes : elle a chez elle les moyens qui nous ont manqué aux extrémités du monde ; elle peut completter notre ouvrage; & ſi les François ont eu le courage & la gloire de conſtater la vraie figure de la terre, c'eſt à la Ruſſie à nous éclairer ſur ſa régularité.

La Terre & Jupiter ſont les ſeules planetes dont l'applatiſſement ait été juſqu'ici conſtaté par l'expérience. Mercure & Vénus, quoique moins éloignés que Jupiter, ſont encore trop loin de nous ; & ſur-tout leur apparence eſt trop petite, pour que l'applatiſſement de leur globe n'échappe pas à notre vue : leur rotation ne peut rien nous apprendre, celle de Mercure eſt inconnue, celle de Vénus eſt conteſtée ; ou quand on admettroit la plus prompte, celle de Dominique Caſſini, qui eſt de 23^h, elle feroit encore trop lente pour produire un applatiſſement ſenſible. On en doit dire autant de Mars, dont la révolution diurne eſt de $24^h\ 40'$: ſon applatiſſement ne doit guères ſurpaſſer celui de la Terre; & que ſeroit une différence de $\frac{1}{200}$, ou de $\frac{1}{300}$ ſur un globe d'une ſi petite apparence? Saturne, plus éloigné, Saturne qui nous cache encore la durée de ſes jours, ne peut nous donner connoiſſance de la différence de ſes axes. La Lune, qui eſt plus à notre portée, qui nous offre un diſque plus grand, où les différences peuvent être facilement meſurées, la Lune a une révolution diurne, ſi lente, que ſes parties ont très-peu de force centrifuge, & n'ont pu s'élever ſenſiblement vers ſon équateur ; auſſi l'obſervation de la pleine Lune lui donne-t-elle une figure en cercle régulier, & des diamètres égaux. Cette planete peut être encore déformée, mais c'eſt dans un ſens où il nous eſt difficile de nous appercevoir de ſon irrégularité. On ſait que ſa révolution diurne ſur elle-même eſt combinée de manière, avec ſa révolution périodique autour de la Terre, qu'elle

tourne ſans ceſſe vers nous la même face, ſans qu'il nous ſoit permis de voir ſon autre hémiſphère : cet autre hémiſphère eſt donc toujours plus éloigné de la Terre, & moins ſoumis à ſon action, celui qui eſt viſible, y eſt, par la même raiſon, plus expoſé ; les parties de cet hémiſphère ont dû s'élever vers la Terre par cet excès de force, & la Lune doit être alongée dans le ſens de celui de ſes diamètres qui eſt dirigé vers nous. Quoique cette figure échappe à nos ſens & à nos obſervations, quoiqu'elle n'ait été apperçue que par les yeux de la Géométrie, ce réſultat ne laiſſe pas que d'avoir quelque certitude ; car la géométrie n'eſt autre choſe que la raiſon humaine réduite à des regles & aſſujettie au calcul. Newton, qui poſſédoit parfaitement ce ſens intime de l'eſprit, avoit déjà donné cette figure à la Lune, & calculé que ſon axe dirigé vers nous, doit être alongé de 186 pieds.

Ces inégalités de figure doivent donner à ſon équateur un mouvement rétrograde, & à ſon axe un balancement ſemblable à la nutation de l'axe de la Terre ; auſſi les Aſtronômes ont-ils reconnu le mouvement des nœuds de cet équateur. M. Caſſini, & après lui, MM. Mayer & de la Lande ont remarqué que depuis plus de cent années les nœuds de cet équateur étoient toujours au même point du ciel que ceux de l'orbite de la Lune ; il faut donc que les uns & les autres aient le même mouvement. Ainſi la Lune, qui nous intéreſſe par tant de raiſons, eſt encore remarquable par deux ſingularités qui peut-être n'ont point leurs pareilles dans le ſyſtême du monde : l'une que la tranſlation de cette planete autour de la Terre ſe fait préciſément dans le même tems que ſa rotation ſur elle-même ; l'autre, que le mouvement des nœuds de ſon équateur eſt parfaitement égal au mouvement des nœuds de ſon orbite. On peut s'étonner de trouver

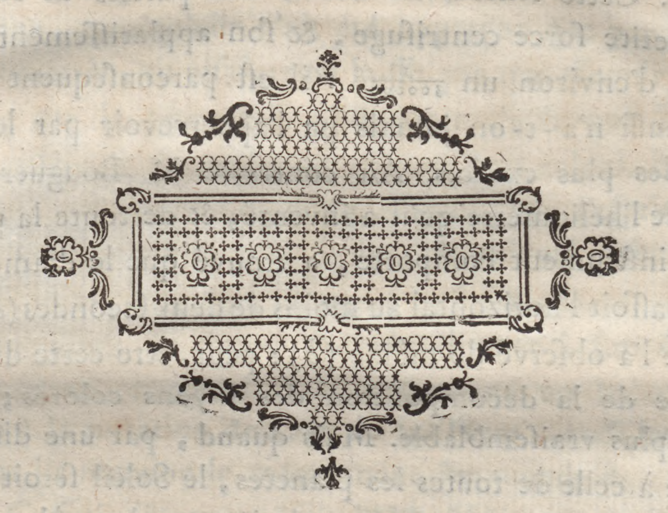
tant de conformité entre des effets qui ſemblent appartenir à des cauſes différentes.

Voilà tout ce que nous ſavons ſur la figure des planetes ſolides & opâques ; il nous reſte à dire un mot de celle du Soleil. Cet aſtre aſſujetti aux mêmes loix que les autres, tournant comme eux ſur ſon axe, doit avoir une figure applatie, comme la Terre & Jupiter ; mais ſa révolution eſt de $25^{j}\frac{1}{2}$. Cette lenteur ne donne aux parties de ſon globe qu'une petite force centrifuge, & ſon applatiſſement ne doit être que d'environ un $\frac{1}{300000}^{e}$: il eſt parconſéquent inobſervable ; auſſi n'a-t-on jamais pu l'appercevoir par les obſervations les plus exactes. Au contraire M. Bouguer, en ſe ſervant de l'héliomètre qu'il a inventé, & de toute la préciſion que cet inſtrument comporte, a trouvé que le diamètre vertical ſurpaſſoit l'horizontal au moins de deux ſecondes (*a*). M. de la Lande l'a obſervé de même (*b*) : peut-être cette différence vient-elle de la décompoſition des rayons colorés ; c'eſt la cauſe la plus vraiſemblable. Mais quand, par une diſpoſition contraire à celle de toutes les planetes, le Soleil ſeroit alongé, tandis que les planetes ſont applaties par les pôles, il n'y auroit peut-être en cela rien d'extraordinaire ; ces aſtres ne ſont point de la même nature. Le ſoleil eſt un feu en activité, il eſt livré à une continuelle agitation : les parties conſtituantes des planetes ſont en repos ; elles ſont compactes, après avoir été fluides. Le Soleil renferme néceſſairement une maſſe dure & ſolide que le feu travaille, détruit, diviſe, & qui à ſon tour doit parvenir à l'état de fluide ; les circonſtances n'étant pas les mêmes, les phénomènes doivent être

---

(*a*) Mém. de l'Ac. des Scien. 1748, p. 11. (*b*) Aſtr. Tom. III. p. 406.

différens. Il seroit possible que le noyau solide de cet astre eût été primitivement alongé : mais il ne faut point établir des conjectures pour expliquer des faits encore peu avérés ; il nous suffit de montrer que cette exception même ne détruiroit pas la loi générale.





HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS II.

Suite des Progrès de l'Astronomie.

Il est des circonstances que le hasard semble faire concourir pour le succès des entreprises. Nous venons de rendre compte de la grande opération de la mesure de la terre ; mais dans le tems même où la France en étoit occupée, où des voyages pénibles transportoient les Astronômes vers le pôle & à l'équateur, lorsque l'industrie employoit tous les moyens connus de précision, M. Bradley découvroit en Angleterre les petits mouvemens apparens des étoiles, & fournissoit de nouveaux moyens pour cette précision nécessaire. L'ignorance de ces mouvemens étoit une des sources d'erreur dans l'ancienne mesure de Picard. On se sert des étoiles pour déterminer l'étendue

de l'arc céleste ; il faut donc bien connoître le lieu de ces étoiles, ou du moins être sûr que ce lieu apparent ne change point dans l'intervalle d'une observation à l'autre. Jadis on pouvoit les employer avec sécurité, on les regardoit comme absolument fixes : depuis on s'est apperçu que plusieurs des plus belles étoiles ont un mouvement propre; l'aberration de la lumière, découverte en 1728 par M. Bradley, nous a fait connoître que le point du ciel où nous voyons les étoiles, n'est jamais celui où elles sont réellement : leur lieu apparent varie sans cesse dans le cours d'une année. M. Bradley, heureusement né pour les progrès de l'Astronomie, cherchant, comme nous l'avons dit *(a)*, à découvrir la parallaxe annuelle des étoiles, les avoit observées avec une constance & un courage dignes des nobles récompenses qu'il a obtenues. La première fut la découverte de cette aberration produite par la propagation successive de la lumière, combinée avec le mouvement de la terre. Cependant cette connoissance ne suffisoit pas encore pour rendre raison des petits mouvemens apperçus dans les étoiles; mais lorsque dans des variations compliquées on en a saisi une qui suit des loix connues, les phénomènes deviennent plus simples, on peut y voir plus clair. Ce fut le sort de M. Bradley ; cette première découverte lui en valut une seconde : il vit que les étoiles placées près du colure des solstices, avoient un petit mouvement particulier. L'étoile γ du dragon lui parut chaque année monter constamment vers le nord, depuis 1727 jusqu'en 1736 ; ce changement indiquoit que l'étoile s'étoit approchée du pôle, ou que le pôle avoit eu un mouvement pour s'approcher d'elle. Mais comme cette étoile n'étoit pas la seule qui manifestât le phénomène,

---

(*a*) *Suprà*, Tome II. p. 669.

il auroit fallu croire que beaucoup d'étoiles s'élevoient ainsi de concert vers le pôle par une marche égale & semblable; il étoit plus naturel d'imaginer que le pôle lui-même s'étoit avancé. Ce pôle avoit déjà un mouvement causé par la précession des équinoxes : Newton avoit annoncé qu'il étoit susceptible d'une nutation, par laquelle il doit alternativement s'abaisser & s'élever sur le plan de l'écliptique dans l'intervalle d'une année; mais ce changement est trop foible pour être sensible par les observations. M. Bradley reconnut dans le mouvement des étoiles vers le nord, l'effet d'une nutation semblable, mais plus longue à s'accomplir, puisque l'effet avoit augmenté pendant neuf années : à ce terme le mouvement parut s'arrêter, les étoiles cesserent de monter; & comme la période des nœuds de la lune est de 18 ans 224 jours, c'est-à-dire, le double du tems que M. Bradley avoit employé à suivre ces apparences, il conjectura qu'elles étoient dûes à une véritable nutation de l'axe de la terre; nutation produite par l'action de la lune, & dépendante de la révolution de ses nœuds. Alors M. Bradley communiqua sa découverte : il se crut fondé à prédire les phénomènes qui auroient lieu dans les neuf autres années; il pria M. le Monnier de les observer comme lui, & il annonça que pendant ces neuf années, l'étoile γ du Dragon ainsi que les étoiles voisines descendroient constamment vers le midi & se rapprocheroient de l'écliptique. Ce qu'il a prédit est exactement arrivé; M. le Monnier, averti par l'illustre auteur de la découverte, après avoir fait les observations nécessaires, se trouva en état de fixer, comme M. Bradley, en 1745, la quantité de la nutation à 18″ (*a*). L'axe de la terre s'éleve ou s'abaisse sur l'écliptique, l'équateur s'éloigne ou s'approche de

(*a*) Mém. de l'Acad. des scienc. 1745, p. 522.

ce cercle, & leur obliquité mutuelle varie de cette quantité dans une période de 18 ans ½. Si M. Bradley a soupçonné la cause, la démonstration en étoit réservée à M. d'Alembert. Mais l'effet de la nutation est important pour connoître, au moment que l'on veut, l'obliquité de l'écliptique, & la position des étoiles toujours déterminée relativement à l'équateur ou au pôle; cet élément entre dans toutes les recherches astronomiques. Les deux phénomènes apperçus par Bradley, sont aussi utiles à la science qu'ils sont honorables à son génie; & si jamais la perfection des instrumens donne lieu à de nouvelles recherches sur la parallaxe des fixes, comme cette parallaxe infiniment petite ne peut se manifester que par de très-petits mouvemens, il est essentiel que les étoiles soient dépouillées des variations produites par d'autres causes. M. Bradley aura donc préparé la voie: ce qu'il a atteint l'a amplement dédommagé de ce qui lui a échappé; & ce qu'il a découvert lui assure une part dans la gloire de ce qui pourra se découvrir.

Il faut avouer cependant que nous avons peu d'espérance de parvenir à mesurer la distance des étoiles. M. Bradley pense que si la parallaxe annuelle étoit seulement d'une seconde, elle auroit été apperçue par ses observations long-tems continuées, & faites avec un secteur de ving-quatre pieds de rayon. Nous ne pouvons nous flatter que les instrumens, même perfectionnés, nous permettent d'aller plus loin, & de porter la précision des mesures au-delà d'une seconde. M. Bradley pourroit bien avoir posé les limites de nos connoissances à cet égard. Cependant ce résultat ne peut avoir de force que relativement aux étoiles qui ont été examinées; on a choisi celles du Dragon & de la grande Ourse, qui passent près du zénith, parce qu'elles ne sont pas affectées de la réfraction. Qui peut dire que dans les autres régions célestes, il n'y a pas des étoiles

qui auroient quelque parallaxe ? Celles qui s'élevent moins vers le haut du ciel, ſont affectées de la réfraction ; ici nos meſures & nos calculs n'ont pas une préciſion égale. L'inſtrument répondroit d'une ſeconde, mais le calcul des réfractions n'en répond pas ; la légère incertitude qu'il comporte peut cacher une petite parallaxe. D'ailleurs ſi les belles étoiles, comme Sirius, Aldebaran, ont été ſuivies par un grand nombre d'obſervations, les petites n'ont pas été examinées avec le même ſoin ; peut-être qu'elles montreroient la parallaxe que les grandes nous refuſent. Les étoiles ſont ſans doute à des diſtances inégales : nous ne diſons plus, comme jadis les Grecs, qu'elles ſont attachées à une voûte ſphérique ; notre imagination plus éclairée ſe repréſente un eſpace preſque ſans bornes, où les étoiles ſont ſemées à des diſtances conſidérables ; elles different en grandeur apparente, on les partage en claſſes, relativement à leur éclat. Cette inégalité vient-elle ou de la différence de la diſtance, ou de la différence de grandeur réelle ? Toutes les deux y contribuent ſans doute ; voyons ce que donnent les déterminations actuelles. Une parallaxe d'une ſeconde ſuppoſe que les étoiles ſont 206000 fois plus loin de nous que le ſoleil qui lui-même eſt éloigné de 35 millions de lieues : ſi aucune des étoiles n'a une parallaxe plus ſenſible, voilà la plus courte de leurs diſtances ; & dans le nombre de ces ſoleils, il y en a dont la diſtance peut être infiniment plus grande. D'un autre côté la lune éclipſe en un inſtant les étoiles qu'elle rencontre, elle n'y emploie pas une ſeconde ; ce qui prouve que le diamètre de ces étoiles n'occupe pas un eſpace d'une demi-ſeconde dans le ciel. Ce diamètre qu'on ne peut meſurer, peut ſans doute être beaucoup plus petit ; mais le ſoleil, avec ſon volume immenſe, reculé à cette diſtance 206000 fois plus grande que la ſienne, auroit une étendue 206000 fois moindre

que celle qu'il nous préſente, & ſon diamètre n'auroit que la cent ſeptieme partie d'une ſeconde. Nous avons obſervé (*a*) combien il eſt difficile de concevoir qu'un point rayonnant, preſqu'inſenſible, puiſſe, à travers tant d'eſpace, envoyer juſqu'à nous, & ſi loin, une lumière éclatante, telle que nous la recevons de Sirius : nous en avons conclu que parmi ces étoiles il y en avoit de beaucoup plus grandes que le ſoleil ; cependant nous ne pouvons préſumer que toutes les étoiles ſoient dans ce cas. Les probabilités ne permettent pas de ſuppoſer que le ſoleil ſoit ni le premier ni le dernier de l'eſpece des ſoleils, & que le haſard nous ait départi le plus foible de ces grands corps deſtinés à éclairer & à échauffer l'univers. Si dans le nombre des étoiles que nous voyons, il y en a de plus petites que notre ſoleil, nous pouvons croire qu'elles ſont plus proches : ce ſont donc celles-là qu'il faudroit obſerver (*b*) ; peut-être nous offriroient-elles une parallaxe de quelques ſecondes. Mais comment entreprendre de répéter cet examen par des obſervations ſuffiſantes ſur la multitude des étoiles ? Le courage & la conſtance humaine n'y ſuffiroient pas : attendons que le tems nous éclaire ; il nous fournira peut-être quelques regles pour choiſir les étoiles qu'il convient d'examiner. Aujourd'hui bornons-nous à ſavoir que le diametre des étoiles

(*a*) *Suprà*, Tome II, p. 686.

(*b*) Galilée voyant que nos inſtrumens les plus grands ſeroient inſuffiſans pour la parallaxe des étoiles, propoſoit de ſe ſervir de l'élévation d'un édifice, ou de celle d'une montagne, pour obſerver la hauteur des étoiles en différens tems de l'année, en ſe plaçant à une grande diſtance. Mais, comme le remarque M. Wallis, il y a lieu de croire que l'épaiſſeur de l'atmoſphère & les réfractions terreſtres nuiroient à cette obſervation. Ce ſavant géomètre a propoſé des vues pour ſuivre cette recherche (*Tranſ.* 1693, n°. 202) : il nous eſt venu une autre idée à cet égard ; ce ſeroit de placer dans le fond des caves de l'Obſervatoire un excellente lunette, & d'obſerver avec un micromètre les variations de la diſtance d'une étoile au zénith. Cet inſtrument qu'on pourroit faire, pour ainſi-dire, auſſi long qu'on voudroit, nous feroit connoître ſi les petites étoiles qui paſſent à notre zénith, ont une parallaxe ſenſible.

eſt moindre qu'une demi-ſeconde, & que la parallaxe de celles qui ont été obſervées ne ſurpaſſe pas une ſeconde.

Si la diſtance des étoiles reconnue plus grande que deux cent mille fois la diſtance du ſoleil, eſt la limite de nos connoiſſances; s'il ne nous eſt pas permis d'en déterminer plus exactement la quantité, pourquoi ſerions-nous mécontens des bornes poſées à nos recherches? Nous avons beau changer d'objets, nous retrouvons ces bornes partout où nous portons nos moyens; toutes nos déterminations ne ſont que des limites. Lorſque Bradley a obſervé la nutation, il n'a pu dire autre choſe, ſinon que ce mouvement n'étoit pas plus grand, ou n'étoit pas plus petit que 18″; il en faut dire autant de la longueur de l'année, des révolutions des planetes, de leurs diſtances, de leurs diamètres, &c. Il eſt vrai que ces limites peuvent être plus ou moins reſſerrées; mais l'homme n'eſt pas toujours de meſure avec les diverſes eſpeces d'étendues; tout ce qui eſt très-grand ou très-petit lui échappe; qu'importe à la philoſophie d'être un peu plus près, ou un peu plus loin de cette vérité abſolue que nulle part elle ne peut atteindre.

Continuons à parcourir les phénomènes nouvellement découverts; la plupart ſeront des preuves de la gravitation des corps & des conſéquences du principe de Newton. Jupiter aſſez puiſſant pour enchaîner quatre planetes à ſa ſuite, Saturne qui en compte une de plus dans ſon cortège, ne peuvent avoir cet empire ſur de petites planetes, ſans avoir quelque pouvoir pour ſe nuire, & pour ſe déranger mutuellement: tous les vingt ans ils ſe rencontrent à une certaine proximité; & c'eſt là que leur action réciproque doit ſe développer avec toute ſon énergie. Kepler, Horroxe, Hevelius, Flamſteed, Maraldi avoient déjà remarqué des inégalités dans le mouvement de

Saturne (*a*). Le système du monde offroit dans le siecle dernier, & au commencement de celui-ci, tant de phénomènes à chercher, à découvrir, à vérifier, que ces remarques avoient été négligées. En 1746, M. le Monnier & M. Cassini s'en occuperent, & l'inégalité fut constatée. M. le Monnier y mit le soin & les lumières que méritoit cette recherche; il discuta lui-même toutes les observations; il n'employa que celles où Saturne placé au même point de son orbite, par conséquent à la même distance du Soleil, devoit éprouver, de la part de cet astre, la même action; Jupiter seul étoit différemment placé & inégalement distant. Si les observations différoient entr'elles, la différence ne pouvoit naître que de sa proximité ou de son éloignement de Saturne; c'est ainsi que l'art des Astronômes isole une action pour en déterminer l'effet. M. le Monnier trouva que la différence étoit très-sensible, & pouvoit monter à 15′ (*b*); cette inégalité vient de ce que le mouvement de Saturne est ralenti. Le moyen mouvement que nous supposons dans nos calculs, a été établi en partie sur de très-anciennes observations faites dans un tems où Saturne se mouvoit plus vîte: ce moyen mouvement est donc trop prompt; Saturne qui a pris une marche moins pressée, ne le suit plus & s'écarte de nos calculs. Dès 1718 M. Maraldi avoit remarqué que le moyen mouvement de Jupiter étoit plus rapide (*c*). Jacques Cassini qui a constaté, comme M. le Monnier, le ralentissement de Saturne, a proposé une conjecture vraisemblable, il pense que ce ralentissement dans une planete & cette accélération dans l'autre tiennent à une certaine position respective des orbites; & comme cette position change par la

(*a*) Transf. philos. 1683, n°. 146.

(*b*) *Ibid.* p. 209. Mém. de l'Acad. des Sci. 1749, p. 210.

(*c*) *Suprà* Tome II, p. 583.

progression

progreſſion continuelle des abſides, il viendra un jour bien éloigné & ſéparé de nous par un nombre de milliers d'années, où les phénomènes des deux planetes changeront reſpectivement, en reſtant toujours contraires; Saturne ceſſera de ſe ralentir pour s'accélérer, & Jupiter prenant à ſon tour une allure plus grave, ceſſera de s'accélérer pour ſe ralentir (a). Ces effets de l'attraction bien conſtatés par l'Aſtronomie, étoient un ſujet propre aux recherches géométriques : l'Académie des Sciences de Paris dénonça ces phénomènes aux Géometres de l'Europe, & propoſa pour ſujet du prix de 1748, les dérangemens mutuels de ces deux planetes; nous en verrons le réſultat dans le diſcours ſuivant. Mais ces effets prévus ne ſont pas les ſeuls phénomènes de ce genre; Saturne en offre un autre très-ſingulier. M. de la Lande a reconnu un dérangement conſidérable dans le moyen mouvement de cette planete; ce mouvement paroît s'être accéléré bruſquement depuis 35 ans. Dans cette recherche, M. de la Lande a pris les mêmes précautions que M. le Monnier : il a choiſi des obſervations où Saturne étoit ſemblablement placé, expoſé de la même manière à l'attraction du Soleil & à celle de Jupiter; tout étoit donc égal. Cependant le mouvement moyen s'eſt trouvé différent dans des intervalles égaux; il a paru ſenſiblement accéléré vers le milieu de ce ſiecle. La planete n'avoit ni cette marche, ni cette inégalité dans le dernier ſiecle; inégalité conſidérable & plus grande que celle qui réſulte de l'effet de Jupiter. M. de la Lande, qui ſeul encore s'eſt apperçu de ce changement, s'eſt borné à l'honneur de découvrir & d'annoncer ce phénomène; c'eſt à l'avenir à nous éclairer ſur ſa cauſe : peut-être tient-il à une cauſe générale & conſ-

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. 1746, p. 465.

tante, dont la loi n'est pas connue; peut-être n'est-il que l'effet particulier d'une cause accidentelle, comme l'attraction d'une comete (a). Ce changement a été en effet trop brusque pour n'être pas le produit d'une cause accidentelle & passagère : nous voyons que cette altération a dû avoir lieu vers 1745 (b); il parut alors une très-belle comete. Ce seroit un sujet intéressant de recherche, que de voir si la comete s'est trouvée assez près de Saturne pour le déranger; & dans le cas où la chose seroit possible, où la comete auroit été capable de produire un dérangement semblable à celui qui a été observé, il seroit curieux de calculer quelle a été la masse suffisante pour le produire. On en tireroit deux résultats importans, une cause pour le dérangement de Saturne, une connoissance, au moins probable, de la masse des cometes (c).

Nous passons des mouvemens des planetes à ceux des satellites de Jupiter. Leur théorie n'avoit été qu'ébauchée par Dominique Cassini; il avoit fait plus que Galilée & tous ses contemporains; ses successeurs devoient aller plus loin dans la carrière qu'il avoit ouverte. Dominique Cassini fixa les révolutions de ces satellites, la durée de leurs éclipses, la grandeur de leurs cercles, la position de leurs nœuds; il crut que ces quatre cercles avoient la même inclinaison sur l'orbite de Jupiter. Ces premières déterminations avoient besoin d'être rectifiées : c'étoit beaucoup pour le tems de Dominique Cassini;

(a) Mém. de l'Aca. des Sci. 1765, p. 361.

(b) On voit par la Table des oppositions de Saturne (*Mém. de l'Acad. des Sci.* 1765, p. 369.) que depuis 1733 l'erreur des Tables de Halley est négative : elle croît jusqu'en 1740, décroît ensuite jusqu'en 1745, qu'elle n'est plus que de 2′ ½. Elle devroit s'anéantir, puis devenir positive; c'est la marche naturelle, & celle qu'offrent toutes les autres observations : point du tout; cette erreur négative recommence tout à coup à croître en 1746.

(c) Nous devons dire cependant qu'on avoit soupçonné cette comete d'avoir pu déranger le mouvement de Mercure; mais le docteur Bevis adressa à la Société royale de Londres des observations de cette planete, qui prouvoient que son mouvement n'avoit point été altéré. (*Transac. philos.* 1744, n°. 473.

c'étoit peu pour un ſiecle éclairé par Newton. Il faut conſidérer que le ſyſtême ou l'aſſemblage de Jupiter & de ſes quatre ſatellites eſt en petit, mais en tout ſemblable au ſyſtême du Soleil environné de ſix planetes. L'attraction y exerce ſans doute le même empire; on peut s'attendre à y retrouver les mêmes phénomènes. Les orbes des ſatellites doivent être des ellipſes: leurs apſides, leurs nœuds doivent avoir un mouvement, direct pour les apſides, rétrograde pour les nœuds; leurs plans différemment inclinés doivent éprouver quelques variations, comme celui de la Lune; ces petits aſtres ſont trop près les uns des autres, pour ne pas déranger mutuellement leurs mouvemens: voilà quelle étoit la tâche des Aſtronômes. M. Maraldi, neveu de celui dont nous avons parlé dans le volume précédent, fit le premier pas pour ramener ces aſtres aux loix générales de notre ſyſtême; il découvrit que le quatrieme avoit une excentricité aſſez apparente (*a*). On en ſoupçonne également une dans l'orbe du troiſieme (*b*). Si celles des deux autres ne ſont pas ſenſibles, c'eſt que circulant plus près de Jupiter, les inégalités s'évanouiſſent dans des orbes trop petits. Les Aſtronômes de ce ſiecle ont donc confirmé la loi de Kepler, que tous les aſtres ſe meuvent dans des ellipſes.

En même tems MM. Maraldi & Wargentin ont obſervé que les apſides des ellipſes de ces ſatellites avoient un mouvement direct, comme celles de la lune; ils juſtifioient en cela la théorie de Newton, ils montroient l'accompliſſement de ſa loi. Quant aux inclinaiſons, il fut reconnu d'abord qu'elles n'étoient point toutes quatre égales, comme Dominique

(*a*) On voit par les Tables de Halley, publiées en 1749, que M. Bradley avoit reconnu dès 1717 l'ellipticité de l'orbe du 4e ſatellite, découverte par M. Maraldi en 1732.

(*b*) MM. Maraldi, Dunthorne, Wargentin & Bailly ont, dans leurs Tables, donné une petite équation du centre au troiſieme ſatellite.

Caſſini l'avoit ſoupçonné par une première vue. M. Maraldi l'oncle fit plus, il apperçut une variation dans l'inclinaiſon du ſecond ſatellite ; le neveu confirma cette découverte en 1732. Il reconnut une variation ſemblable dans l'inclinaiſon du troiſieme. Les phénomènes du même genre ſe confirment mutuellement : il fut donc bien conſtaté que les plans de ces orbites ſont variables, mais d'une toute autre manière que le plan de l'orbite de la Lune ; celui-ci s'abaiſſe ſur l'écliptique, & ſe releve à chaque révolution. Les inclinaiſons du 2[e] & du 3[e] ſatellite varient ſans aucun égard à la révolution de ces aſtres : l'inclinaiſon du 2[e] augmente pendant 15 ans, & diminue pendant 15 autres années ; il faut une période de 30 ans pour que les choſes ſe rétabliſſent, & que les variations recommencent dans le même ordre. L'inclinaiſon du 3[e] avoit diminué conſtamment depuis 1668 juſques vers 1697 ; alors elle a commencé à augmenter juſqu'en 1763 qu'elle s'eſt arrêtée. M. Maraldi s'en eſt apperçu le premier ; il a déterminé la demi-période de ces variations de 66 ans, & par conſéquent la période entière de 132 ans (*a*). Les inclinaiſons du 1[er] & du 4[e] ſont les ſeules qui n'ayent point encore offert de variations ſenſibles.

Ces phénomènes du ſecond & du troiſieme paroiſſoient extraordinaires ; car quelle pouvoit être la cauſe de ces variations ? Les poſitions relatives des ſatellites reviennent les mêmes au bout de quatorze mois ; leurs aſpects à l'égard du Soleil ne peuvent que ſuivre le cours de Jupiter, & ſe renouveler par conſéquent au bout de douze ans. Quelle étoit donc la cauſe qui avoit beſoin d'un ſi long tems pour ſe développer, & qui étendoit ſon influence à 30 & à 132 années ? Une autre ſingularité non moins remarquable, c'eſt que, tandis que les inclinaiſons

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1769, p. 25.

varient ſenſiblement, & beaucoup plus que l'inclinaiſon de la Lune, les nœuds, comme ſi tout devoit être contraire dans ce ſyſtême, ont été crus long-tems fixes. Les obſervations montrerent bientôt dans les nœuds du quatrieme un petit mouvement; mais par une nouvelle ſingularité, ce mouvement paroiſſoit contraire aux loix de l'attraction, parce qu'il étoit direct, au lieu d'être rétrograde comme celui des nœuds de la Lune. On pouvoit même remarquer une affectation particulière dans la poſition de ces différens nœuds; les interſections des plans de ces orbites avec le cercle de Jupiter, étoient ſi près les unes des autres, qu'elles paroiſſoient répondre au même point du ciel. Enfin, pour combler toutes ces bizarreries, M. Maraldi & M. Bailly reconnurent en 1765 (*a*) que le nœud du ſecond ſatellite avoit un mouvement libratoire ou d'oſcillation, qui s'accompliſſoit dans la même période que la variation de ſon inclinaiſon, & par lequel il parcouroit 19 à 20 degrés autour d'un point moyen.

Les cauſes de ces phénomènes bizarres & multipliés ſeront développées dans le diſcours ſuivant : mais ce n'eſt pas encore tout; une obſervation attentive & ſuivie, ne trouva plus la même régularité dans les mouvemens des ſatellites. M. Bradley avoit indiqué qu'une période de 14 mois ou de 437 jours devoit rétablir les inégalités des ſatellites, produites par leurs attractions mutuelles, puiſqu'elles ramenoient ces ſatellites, du moins les trois inférieurs, aux mêmes configurations. En 1726 il remarqua que dans la moitié de cette période, c'eſt-à-dire, en ſept mois, le ſecond ſatellite étoit accéléré ou retardé de 30 à 40′ (*b*). M. Wargentin introduiſit cette inégalité dans ſes Tables publiées en 1746, & il la fixa à 16′½ en plus & en

(*a*) Mém. Ac. des Sc. 1765, p. 491, 499.

(*b*) Tranſ. philoſ. 1726, n°. 394.

moins ; il en reconnut une ſemblable dans le 1[er] ſatellite, d'environ $3' \frac{1}{2}$ (*a*). Auſſi ces Tables furent-elles les meilleures qui euſſent encore paru ; celles du 1[er] ſatellite ſur-tout ſont d'une très-grande exactitude. M. Wargentin a perfectionné de nouveau ces Tables : les mouvemens du 2[e] ſatellite commencent à être aſſez bien repréſentés ; mais il s'en faut beaucoup que ceux des deux autres le ſoient également. Il faut de nouveaux travaux & des années, avant que les obſervations du 3[e] & du 4[e] puiſſent concourir avec celles du 1[er] & du 2[e], à la recherche des longitudes. Ces inégalités, dont l'obſervation a démêlé la marche & la quantité, ſans en connoître la cauſe, ſont évidemment l'effet des attractions réciproques des ſatellites. On voit aiſément que des corps ſi voiſins doivent agir les uns ſur les autres ; mais nous diſons que la cauſe en étoit inconnue, parce que dans l'explication des phénomènes il ne s'agit pas ſeulement de les attribuer à l'influence d'une certaine cauſe, il faut encore montrer qu'elle agit ſeule, & que, relativement à ſon intenſité, elle eſt capable de produire ces phénomènes.

Voilà ce qui concerne les altérations du mouvement des ſatellites de Jupiter ; mais leurs obſervations ſont affectées d'autres inégalités que l'on peut regarder comme optiques. Quand un ſatellite entre dans l'ombre de Jupiter, il ne s'éclipſe pas inſtantanément ; ſa lumière diminue par degrés, & nous ne le perdons de vue que lorſque la partie encore éclairée, n'eſt plus aſſez grande, ne renvoye plus aſſez de lumière pour faire impreſſion ſur notre œil. Cette remarque appartient à Dominique Caſſini (*b*) ; mais il croyoit qu'elle n'avoit d'effet

(*a*) M. Bradley, dès 1719, avoit ſoupçonné cette inégalité, & il la faiſoit d'environ 3' ; mais ce qu'il en a penſé n'a été publié qu'en 1749, avec les Tables de Halley.

(*b*) Mém. Ac. des Sc. Tome VIII. p. 373.

que par la différence des lunettes. M. de Fouchy fit voir en 1732 (a) que cette inégalité est générale, & varie comme la lumière même des satellites. Cette lumière est plus forte lorsque Jupiter est plus près du Soleil qui en est la source, lorsqu'il est aussi plus près de nous, & que la lumière a moins de chemin à faire pour nous être renvoyée. Alors une moindre partie éclairée suffit à notre vue : le satellite entrant dans l'ombre, disparoît plus tard, & lorsqu'il en sort, il est revu plutôt ; on sent qu'il en doit naître une inégalité sur le tems des éclipses; M. de Fouchy s'est contenté de l'indiquer. S'il nous est permis d'occuper un coin du grand tableau tracé dans cette histoire, nous dirons que nous avons cherché à déterminer la quantité & la loi de cette inégalité (b). La lumière des satellites n'est pas seulement altérée par les deux causes dont nous venons de parler. Elle est d'autant plus foible, que Jupiter est plus bas; elle s'épure & devient plus vive, à mesure que l'astre s'éleve, en s'éloignant des vapeurs de la terre. Cette lumière s'affoiblit encore à mesure que le satellite s'approche du disque de Jupiter; l'infériorité se fait sentir par la proximité, & la petite masse de lumière pâlit devant la grande. Nous avons mesuré la lumière des Satellites dans ces différentes circonstances, en diminuant l'ouverture de la même lunette (c); par ce rétrécissement, nous affoiblissions la lumière, nous l'amenions au point de s'éteindre & de nous dérober le satellite. Ce qui restoit de l'ouverture diminuée nous indiquoit la portion de lumière insensible à notre vue; & comme notre vue &

(a) Mém. de l'Ac. des Sc. 1732, p. 419.

(b) *Ibid.* 1771, p. 580.

(c) Ce moyen ingénieux nous avoit été fourni par M. de Fouchy, fondé sur ce que la lumière reçue par l'objectif, est toujours proportionnelle à son ouverture; il se proposoit d'augmenter cette ouverture dans le cas où la lumière des satellites diminue, afin d'avoir toujours la même quantité de lumière, & de faire disparoître l'inégalité. C'est ce moyen que nous avons employé différemment.

notre lunette étoient toujours les mêmes, les variations de cette portion insensible dans les circonstances différentes, nous montroient les variations de la lumière totale. En diminuant ainsi l'ouverture d'une lunette, on fait disparoître à volonté le satellite : on peut donc se procurer des éclipses fictives ; nous en avons tiré un moyen de mesurer les diametres de ces petites planetes que nous n'appercevons que comme des points brillans, & dont notre vue, aidée des meilleurs instrumens, ne peut discerner les disques. Quelques momens avant une éclipse réelle, si l'on diminue l'ouverture de la lunette, au point de voir à peine le satellite, on aura une première éclipse fictive, presqu'au moment où le petit astre touche l'ombre : en rétablissant tout-à-coup l'ouverture ; en observant ensuite l'éclipse réelle, on aura par la différence des tems, la mesure d'une grande partie du diametre, & on trouve facilement par le calcul, le rapport de cette partie avec le diametre entier. Cette méthode de mesurer la lumière par le rétrécissement des ouvertures, si elle étoit adoptée, deviendroit une épreuve de l'état de l'atmosphère, de celui de l'organe, de la force de la lunette, & un moyen de comparaison pour des observations faites dans des climats différens, & par des observateurs dont les vues sont inégales. Cette méthode auroit encore une utilité pour mesurer la lumière des étoiles, & pour distinguer avec plus de certitude leurs différentes classes. Mais c'est assez parler de nous-mêmes, nous revenons à des objets plus intéressans; & à la théorie des cometes proposée, établie par Newton & développée, quant aux applications astronomiques, par Halley, Bradley, M. le Monnier, M. Maraldi, M. de la Caille, &c.

Les Astronômes François ne commencerent que vers 1740 à déterminer l'orbite parabolique des cometes dans les principes de

de l'attraction. M. le Monnier calcula l'orbe de la comete de 1742 (a); & M. Maraldi, un an après, celui de la comete de 1729 (b). La comete de 1744 (c) acheva de dissiper les préjugés; il ne fut plus possible de soutenir qu'elle avoit décrit ni une ligne droite, ni un grand cercle autour de la terre. Jacques Cassini en fit l'aveu (d); c'est la preuve d'un bon esprit. Ces hypothèses étoient l'ouvrage de son pere & le sien; il étoit déjà âgé, les idées reçues dans sa jeunesse avoient eu le tems de jeter de profondes racines : il falloit abandonner beaucoup de travaux faits d'après ces idées; mais la vérité détruisit les anciens principes reconnus pour des préjugés, & fit abandonner les travaux qui n'avoient pas été pour elle. Jacques Cassini calcula cette comete dans une parabole, comme Newton, & cet hommage étoit éclatant; il fut rendu par le nom le plus illustre dans l'Astronomie. Halley avoit déterminé les orbites de vingt-quatre cometes observées avant lui, ou par lui; il en avoit paru plusieurs depuis. Ces astres nouveaux qui viennent nous visiter, & se faire connoître ainsi les uns après les autres, demandent non seulement d'être observés, mais que le calcul saisisse les caractères qui les distinguent (e), pour pouvoir les reconnoître un jour, lorsqu'ils reparoîtront. L'Astronomie qui a ses fastes, comme l'Histoire du monde, doit donc consigner dans ses registres, & leurs apparitions, & leurs caractères (f). M. de la Caille entreprit

(a) Histoire de l'Acad. des Scien. 1742, p. 83.

(b) Mém. de l'Acad. des Scien. 1743, p. 193.

(c) Cette comete fournit un exemple que l'égalité de l'intervalle des apparitions ne suffit pas pour établir l'identité des cometes. Celle-ci avoit paru 79 ans après celle de 1664. On trouvoit, en remontant de 79 ans en 79 ans, onze apparitions successives de cometes; cependant la comete de 1664 avoit des élémens & des caractères très-différens de ceux de la comete de 1744.

(d) Mém. de l'Acad des Scien. 1744, p. 305.

(e) *Suprà*, Tome II. p. 543.

(f) Nous en comptons aujourd'hui plus de 72.

de completter le travail de Halley (*a*) : il calcula un aſſez grand nombre de cometes ; mais il abandonna ce ſoin & ce travail à M. Pingré (*b*), qui ſe propoſoit de faire une Hiſtoire & un Traité général des cometes (*c*).

Il en parut une en 1747, & deux en 1748 : on approchoit du tems où l'ingénieux Halley avoit annoncé que devoit reparoître la comete de 1682, après une période de 76 ans ; ſi cette période étoit réellement celle de la comete, il n'y avoit point de doute qu'on ne dût revoir cet aſtre vers 1758. Au mois de Septembre 1757, il parut en effet une comete qui réveilla l'attention des Aſtronômes ; mais lorſque M. Pingré eut calculé ſon orbite, on reconnut que cette apparition n'étoit point l'apparition deſirée. La comete étoit abſolument nouvelle, & ne reſſembloit par aucun caractère à l'aſtre de 1682. Le retour de cet aſtre devenoit un événement important pour la connoiſſance du ſyſtême du monde, pour la démonſtration des principes de Newton, enfin pour établir une grande vérité, celle de l'identité des cometes & des planetes, qui les unes comme les autres, décrivent des courbes fermées, des ellipſes, & ſont aſſujetties à des retours réglés & périodiques ; avec cette ſeule différence que les unes s'éloignant infiniment plus que les autres, reviennent & ſe rapprochent plus tard & moins ſouvent. Mais comme ſi le ciel eût voulu tromper les Aſtronômes & ſe jouer de leur impatience, l'année 1758 vit paroître deux cometes qui n'étoient point encore celle qu'on attendoit. Enfin cet aſtre ſi intéreſſant fut apperçu

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1746, p. 405.

M. Struik, Aſtronôme Hollandois, ajouta en 1749 aux 24 cometes calculées par Halley, 21 autres qui avoient paru depuis 1707 juſqu'en 1748. *Tranſ. philoſ.* 1749, n°. 492.

(*b*) Mém. de l'Ac. des Sc. 1760, p. 53.

(*c*) Cet ouvrage intitulé Cométographie, eſt actuellement ſous preſſe.

à Paris le 21 Janvier 1759 : M. Meſſier découvrit celle-ci le premier en France ; M. Meſſier deſtiné à découvrir tant de cometes, & qui a mérité ces faveurs du ciel par un zele infatigable, aujourd'hui, en 1781, en a obſervé 19, dont il en a découvert 16. Ces cometes, ſans ſa vigilance active, ſe ſeroient peut-être inutilement approchées de nous ; ce ſont ſeize corps dont il a enrichi le ſyſtême ſolaire (*a*). Il s'eſſayoit alors dans l'art de chercher ces aſtres nouveaux & inattendus. Cette comete fut obſervée par tous les Aſtronômes de l'Europe ; ſes élémens calculés ſe trouverent entierement ſemblables à ceux qu'elle avoit eus dans les précédentes apparitions. Il fut donc bien démontré que les mêmes cometes ſe remontrent après des intervalles à peu près égaux, & que leur mouvement périodique autour du Soleil eſt auſſi conſtant & auſſi régulier que celui des planetes. Ainſi après trois ou quatre mille ans, nous ſommes revenus, ſur ce point, au même degré de connoiſſances où étoient parvenus jadis les Chaldéens, connoiſſances qui ont eu alors Epigenes pour temoin (*b*). Ce n'eſt cependant qu'avec grand-peine, à travers pluſieurs préjugés introduits, & par les obſervations & les réflexions d'un ſiecle entier, que cette vérité de la nature a été conſtatée. Mais ſi l'on conſidere nos efforts pour l'admettre, ou pour lui réſiſter, nos travaux pour éclaircir cette grande queſtion, nos

---

(*a*) M. Mechain, avantageuſement connu dans l'Aſtronomie, a découvert cette année 1781, deux cometes ; il en a calculé les élémens. Ceux de la ſeconde reſſemblent un peu à ceux de la comete de 1337, en prenant un milieu entre la théorie de Halley & celle de M. Pingré. Sa période pourroit donc être de 444 ans, à moins qu'elle n'eût reparu, ſans être remarquée, & que ce nombre de 444 années ne fût la ſomme de pluſieurs révolutions. Mais les obſervations de 1337, ſur-tout celles de Gregoras, ſont trop incertaines, pour que l'on puiſſe tirer légitimement aucune concluſion ſur l'identité de ces deux cometes, & ſur la durée de leurs révolutions.

(*b*) Aſtr. anc. p. 391. Il diſoit que les Chaldéens rangeoient les cometes au nombre des planetes, & étoient parvenus à connoître leur cours.

doutes qui n'ont cédé qu'à la démonſtration, à l'évidence des principes & des faits, on pourra juger de ce qu'il en a dû coûter d'efforts & de travaux aux Chaldéens ou au peuple leur prédéceſſeur, pour nous laiſſer cette vérité ſi long-tems ſtérile. Ainſi ſouvent les travaux des générations ſont perdus, comme leur expérience : au moral les fautes d'un homme, ſes malheurs ne ſont pas toujours une leçon pour ſes ſemblables; & relativement aux ſciences, les efforts qu'une nation a faits pour s'inſtruire & pour ſe convaincre, lorſqu'ils n'ont point laiſſé de traces, lorſque les réſultats reſtent ſeuls & iſolés, ſont également perdus pour l'inſtruction & la foi des ſiecles. Mais cette vérité du retour des cometes, que nous allons tranſmettre à nos neveux, eſt un grand réſultat; c'eſt le fruit de notre expérience & de deux ſiecles de travaux. La même vérité conſervée chez les Chaldéens, ſous la forme d'opinion, étoit peut être également le fruit des travaux & de l'expérience; alors elle étoit fille des tems qui avoient précédé, du beau jour qui n'éclairoit plus, comme aujourd'hui elle eſt née des tems que nous quittons, & de la lumière qui luit encore.

Dès que les cometes parcourent des courbes qui reviennent ſur elles-mêmes, dans des tems limités, ces courbes, ces ellipſes, quoique très-alongées, ſont décrites comme les orbes preſque circulaires de nos planetes : tout ce qui eſt de la nature céleſte accomplit les loix découvertes par Kepler; ces loix, mieux exécutées que celles des hommes, ne ſouffrent point d'exception, l'éloignement n'en affranchit pas, & malgré la diſtance, les cometes y ſont ſoumiſes aux extrémités de notre monde ſolaire. On retrouve dans ces aſtres nouveaux la même proportionnalité des aires & des tems, le même rapport entre les révolutions périodiques, & les diametres des orbes. Au moyen de ce rapport, il eſt facile de déterminer à quelle

profondeur la comete qui nous occupe maintenant, celle de 1759, peut s'enfoncer dans le ciel & s'éloigner de nous, à l'extrémité de ſon ellipſe alongée; le diametre de cette ellipſe eſt dix-huit fois plus grand que le diametre de l'orbe de la terre. La comete s'eſt approchée du Soleil plus près que nous ne faiſons jamais, & preſque de moitié, c'eſt-à-dire, à la diſtance d'environ vingt millions de lieues; mais dans cette ellipſe applatie, un éloignement conſidérable ſuccede à cette proximité. La comete, lorſqu'elle eſt au terme le plus reculé de ſa courſe autour du Soleil, en eſt diſtante, & par conſéquent de nous, de 1300 millions de lieues; ſon éloignement eſt donc 65 fois plus grand que ſa proximité. La comete la plus extraordinaire dans ce genre, eſt celle qui parut en 1680, dont Halley a eſtimé la période de 575 ans, & préſumé le retour vers l'an 2255; il s'écoulera nombre de générations, & le monde aura ſubi bien des changemens avant ce retour. Cette comete, qui embraſſe tant d'années dans ſa période, doit parcourir un vaſte circuit; auſſi ſon ellipſe, plus alongée peut-être qu'aucune autre, a-t-elle un diametre 69 fois plus grand que celui de notre orbe. La comete deſcendue d'une diſtance de plus de 5700 millions de lieues, s'eſt approchée du Soleil à moins de deux cent mille lieues. Telles ſont les alternatives où ces aſtres ſont expoſés par leurs longues excurſions; après la chaleur éprouvée à cette courte diſtance, ils s'en vont dans des profondeurs, où les rayons du Soleil n'arrivent point, ou arrivent preſque éteints. Sans doute l'énorme chaleur qu'ils ont éprouvée, cette chaleur aſſez forte pour élever de leurs globes des colonnes de vapeurs, ſe conſerve & tempere le froid des régions où leur courſe les ramene; cependant ces alternatives ſont aſſez grandes pour faire douter que les cometes puiſſent être habitées. Les générations n'y ſont-

elles pas détruites ou par le froid, ou par la chaleur ? La vie a besoin d'une température moyenne, & toujours à peu près la même ; il semble qu'elle doive être absente des globes où se succedent tour à tour les deux extrémités de la nature. Mais cette nature a des compensations souvent inconnues ; elle oppose l'une à l'autre les causes destructives, tout dans l'univers n'est qu'équilibre ; & c'est sur cet équilibre que sont fondées la vie & la durée de toutes les choses.

Outre la comete de 1759, dont le retour est assuré, & celle de 1680, dont la révolution est présumée sur de fortes probabilités, il est encore deux autres cometes qui ont paru en 1264 & en 1532 ; & qui ont décrit une seconde fois les mêmes orbites, l'une en 1556, après un intervalle de 292 ans, l'autre en 1661, après un intervalle de 129 ans. La première doit reparoître en 1848 ; la génération actuelle ne la verra pas. La seconde, dont la révolution s'achevera en 1790, est attendue par les Astronômes ; nous avons l'espérance de voir son apparition, & nous touchons presqu'au moment de cette seconde preuve de la régularité du cours des cometes.

Voilà donc quatre cometes dont la révolution peut être regardée comme connue : il en est une cinquieme dont nous n'avons point vu le retour, mais dont on a essayé de calculer la révolution ; c'est celle de 1769. Newton qui enseigna que tous les astres assujettis au Soleil, & tournans autour de lui, se meuvent dans des ellipses, n'a prescrit de calculer les cometes dans un orbe parabolique, que par approximation ; c'est parce qu'une ellipse fort alongée se confond vers chacune de ses extrémités avec une parabole. Cette route qui n'est pas exactement la vraie, suffit pour établir les caractères de l'orbite & du mouvement de la comete, comme pour représenter

les obſervations ; mais ſi cette orbite étoit peu alongée, ſi l'ellipticité étoit plus marquée dans la route, cette route s'écarteroit de la parabole, & les lieux de l'aſtre calculé dans une ſuppoſition fauſſe, s'écarteroient d'autant plus de ceux qui ont été obſervés dans la vraie route. Si les obſervations mêmes étoient faites avec une grande exactitude, elles pourroient montrer combien la parabole ſuppoſée s'éloigne de la vraie ellipſe, & déterminer la nature de cette dernière courbe. M. de la Lande avoit déjà eſſayé cette recherche ſur la comete de 1759, dont la révolution eſt bien conſtatée; il a vu qu'en employant trois obſervations, cherchant l'ellipſe qui doit paſſer par ces trois points du ciel & ſatisfaire à tous les phénomènes, on auroit pu eſtimer le tems de la révolution à trois ans près (*a*). Ce ſeroit beaucoup ſi l'on pouvoit connoître ainſi les révolutions de toutes les cometes obſervées ; mais la choſe eſt ſouvent difficile. M. Euler, conjointement avec M. Lexel, en a fait l'eſſai ſur la comete de 1769 : ils ont employé des méthodes géométriques qui leur appartiennent ; & ils ont trouvé le diametre de l'ellipſe de cette comete ſoixante-une fois plus grand que celui de l'orbite de la terre, & le tems de la révolution employé à parcourir cet orbe de 482 ans (*b*). L'erreur des obſervations peut limiter beaucoup l'exactitude de ces déterminations : les deux géometres ont apprécié que s'il y a une minute d'erreur ſur chacune des trois obſervations, le tems de la période ſera renfermé entre 519 & 449 ans (*c*) ; ce qui eſt une grande incertitude. Cependant il ſeroit encore à deſirer d'avoir de pareilles eſtimations ſur toutes les cometes connues. Quoique ces eſtimations fuſſent peu utiles pour prévoir leurs

(*a*) Aſtronomie Tome II., p. 377.

(*b*) Recherches & calculs ſur la vraie orbite de la comete de 1769. *Pétersb.* 1770, p. 136.

(*c*) *Ibid.* p. 149.

retours & pour les chercher dans le ciel, elles ſerviroient à claſſer les cometes, ſuivant la durée de leurs cours, & à en connoître à peu-près l'étendue & les limites.

Nous en avons actuellement cinquante-huit autres qui ont été ſuivies & obſervées, & dont les caractères établis ſerviront à les reconnoître un jour; mais on ne doit pas douter qu'il n'y en ait beaucoup davantage. Jadis on n'obſervoit que celles qui ſe faiſoient diſtinguer par leur éclat, & par l'étendue de leurs queues, celles qui inſpiroient de l'effroi : mais ces apparitions remarquables ſont rares; il y en a plus d'obſcures que d'éclatantes. Elles ſe ſont multipliées par l'invention des lunettes : aujourd'hui on lit mieux dans le ciel; cet inſtrument y ſaiſit les objets qui échapperoient facilement à la vue. Depuis qu'on cherche les cometes, depuis que M. Meſſier y a conſacré ſes veilles, il en eſt peu qui paſſent ſans être apperçues; & grace aux ſoins de cet Aſtronôme, il n'eſt point d'année qui ne puiſſe être déſignée par une comete. Notre ſyſtême ſolaire long-tems borné en apparence à ſes ſept planetes, puis aux neuf ſatellites récemment découverts, eſt donc encore plus riche de ce qu'on ne voit pas que de ce qu'il expoſe tous les jours à nos yeux; ces richeſſes n'étant déployées que ſucceſſivement, il n'appartient qu'à une poſtérité reculée d'entreprendre de les compter. Le nombre des cometes, ſans être infini, peut être très-grand; les révolutions connues ſont entre 75 & 575 ans. Quand celles-ci ſeroient la plus courte & la plus longue de toutes, on en pourroit imaginer beaucoup d'autres intermédiaires : mais qui nous a dit que ce ſont là les limites de leurs périodes ? Nos connoiſſances ne ſont point les bornes de la nature : au reſte, en partant ſeulement de la comete de 1680, & de ſa révolution de 575 ans, on voit combien l'Aſtronomie eſt une ſcience vaſte, appuyée ſur le tems, & qui

qui s'étend lentement & ſans meſure avec lui. Il faut donner à l'Europe, à ſa civiliſation, à ſon goût pour les ſciences, encore une durée de cinq ſiecles pour revoir cette comete, pour s'aſſurer que les raiſons de probabilité qui ont établi ſa période, ſont des raiſons légitimes : auſſi cette ſcience n'a point encore pris tout ſon accroiſſement, & ne le prendra peut-être jamais ; bien différente de la Géométrie, qui, en deux ſiecles dans la Grece, & en moins de deux ſiecles en Europe, a preſque atteint la haute perfection dont elle eſt ſuſceptible. Mais c'eſt que l'une eſt une ſcience de l'homme, l'autre l'eſt de la nature ; l'une eſt une méthode de l'eſprit, l'autre eſt un développement des choſes : l'une eſt en nous, c'eſt une idée abſtraite qui y eſt née, que nous conſidérons à loiſir & à tous momens ; l'autre eſt hors de nous, elle embraſſe la nature & le tems ; il faut parcourir la nature, il faut que le tems s'écoule, pour amener ſous nos yeux les détails & l'enſemble d'une idée auſſi étendue que les révolutions céleſtes. Les peuples ſe détruiſent, les hommes ſe laſſent ; ils n'ont point la conſtance d'épuiſer ni les phénomènes, ni la durée ; on a vu que l'Aſtronomie a été plus d'une fois abandonnée & repriſe ; & lorſque ſes veſtiges ont été effacés, lorſque les mémoires ont été perdus, on a été obligé de recommencer la carrière parcourue. Il a fallu redemander à la nature un nouveau développement, & au tems de nouveaux ſiecles.

Nous ſommes en doute ſur les limites de la révolution des cometes : s'il eſt poſſible qu'il y en ait dont la période excede 575 ans, il ſembleroit que celle de 75 ou 76 ans devroit être la moins longue, puiſque ces aſtres étant aſſidûment obſervés depuis un ſiecle, des révolutions plus courtes auroient été déterminées. Mais outre que le jour & la préſence du ſoleil doivent nous dérober quelques apparitions de cometes, ſi les

circonſtances combinées de notre poſition & de leur mouvement ne leur permettent pas de paroître la nuit, un phénomène nouveau & très-extraordinaire doit nous rendre très-réſervés ſur les concluſions de cette eſpece. En 1770 il parut une comete, qui fut découverte à Paris le 14 Juin par M. Meſſier; on la vit avant & après ſon paſſage au périhélie. Dans le premier cas elle eût une grande vîteſſe & une apparence très-étendue; ce qui marque qu'elle paſſa fort près de la terre. Son noyau mal terminé n'avoit guères que 1′ ½; mais elle étoit entourée d'une nébuloſité blanchâtre qui avoit plus de 2 degrés de diametre (*a*); elle paroiſſoit donc beaucoup plus grande que la lune. Pluſieurs Aſtronômes, & entr'autres M. Proſperin, Aſtronôme Suédois, s'occuperent de calculer ſes élémens: les réſultats des calculateurs furent différens; M. Proſperin lui-même trouva que les mêmes élémens ne pouvoient pas repréſenter les obſervations tant avant qu'après le périhélie, & dans les différentes parties obſervées de la trajectoire. Il propoſa trois ſuites d'élémens qui différoient ſenſiblement entre eux; ces trois ſuites appartenoient à trois paraboles. La comete auroit donc changé de route: cela ne peut arriver que par l'effet de quelque perturbation éprouvée; c'eſt ce que M. Proſperin imaginoit, & il attribuoit ces dérangemens à la terre (*b*). Mais M. du Sejour a fait voir (*c*) que cette comete, dans ſa plus grande proximité, n'en avoit approché qu'à la diſtance de 750000 lieues; ſa peſanteur vers la terre ne la faiſoit tomber que de ſept milliemes de ligne par ſeconde, tandis qu'elle marchoit avec une vîteſſe de plus de 39000 pieds auſſi par ſeconde: paſſant ſi vîte, il eſt bien difficile qu'une action

(*a*) Mémoires de l'Aca. des Scien. 1776, p. 604.

(*b*) *Ibid.* p. 631.

(*c*) Eſſai ſur les cometes, p. 126.

ſi foible ait pu la déranger conſidérablement. Il ne reſte qu'une ſuppoſition à faire, c'eſt que ſon orbe réellement elliptique eſt trop peu alongé, trop peu excentrique, pour pouvoir ſe confondre vers le périhélie avec une parabole. La différence des réſultats vient donc du défaut de légitimité dans les ſuppoſitions. Mais cette différence, au lieu d'être un inconvénient, offroit un avantage; elle annonçoit que la vraie eſpece de l'orbite étoit caractériſée dans la courbure de la route; par conſéquent en ſaiſiſſant ce caractère exprimé dans les obſervations, on pouvoit connoître l'eſpece d'ellipſe à laquelle elles appartenoient. C'eſt ce qui fut tenté par M. Lexell, Géometre & Aſtronôme de Pétersbourg. Nous avons vu par les principes de Kepler & de Newton, que l'ellipſe eſt déterminée, du moins en partie, par la durée de la révolution (*a*); il ne s'agiſſoit donc que de ſuppoſer différentes révolutions, & d'adopter celle qui repréſenteroit le mieux les obſervations. M. Lexell fut bien étonné de trouver qu'il falloit une période de cinq ans & demi, ou du moins entre cinq & ſix ans. Le calcul fondé ſur cette période donnoit à la comete le même lieu dans le ciel que l'obſervation, & avec une exactitude preſque égale à celle qu'on obtient pour les planetes dont le cours eſt le mieux connu; hors de ces limites, un an de plus ou de moins ſur la période introduiſoit dans le calcul des erreurs énormes, que les obſervations ne comportent pas. M. Lexell, digne éleve du célebre Euler, jouit d'une réputation bien méritée; ſes réſultats n'ont pas beſoin de garans. Cependant les témoins ne ſont jamais ſuperflus, lorſqu'il s'agit de faits ou de vérités, & ſur-tout de faits & de vérités extraordinaires. Nous dirons que cette année même (1781) M. Pingré a refait les mêmes

(*a*) Elle ne donne que le diametre, mais la diſtance périhélie connue par obſervation, retranchée du demi-diametre, donne l'excentricité.

calculs, & a trouvé, comme M. Lexell, que les obſervations de cette comete exigeoient une période de 5 ans $\frac{1}{2}$. Nous ſommes donc forcés d'admettre cette concluſion ſingulière; il eſt évident que la partie de courbe décrite par la comete, & obſervée dans le tems de ſon apparition, appartient à un orbe qui ſeroit décrit en cinq ans & demi. Mais eſt-ce l'orbe naturel & primitif que la comete a dû décrire ? Cette comete, qui doit revenir périodiquement après ces courts intervalles, cette comete, qui eſt toujours autour de nous, puiſqu'elle ne s'éloigne jamais plus que Jupiter, & s'approche preſque comme la Lune (*a*), comment n'a-t-elle été vue que cette fois ? Comment ne l'eſt-elle pas plus long-tems, & dans la plus grande partie de ſa révolution ? Elle n'a point reparu en 1776. M. Lexell, qui avoit prévu toutes ces objections, y a repondu d'avance : il a remarqué que cette comete en 1767, étant dans ſon aphélie, s'étoit trouvée très-près de Jupiter, elle en étoit 58 fois (*b*) plus près que du Soleil; Jupiter par ſa maſſe comparée à celle du Soleil, devoit avoir alors trois fois plus de force, à cauſe de cette proximité, & exercer une action trois fois plus grande que celle de cet aſtre. La comete dans ſon aphélie, ſe meut lentement; elle a dû être plus long-tems expoſée à cette action, qui, par ſon intenſité & par ſa durée, a pu produire de grands dérangemens, dénaturer l'orbite, augmenter la vîteſſe, & rendre par conſéquent la révolution beaucoup plus courte. Cette orbite dénaturée,

(*a*) Elle s'en approche, du moins à une diſtance qui n'eſt que huit à neuf fois plus grande.

(*b*) On lit 580 dans l'écrit de M. Lexell, inſéré dans le Mémoire de M. Meſſier. (*Ac. des Scien.* 1776, p. 648). Dans la Lettre latine, originale de M. Lexell à M. Meſſier, on lit 58 *vam ;* ce qui doit ſignifier *quinquaginta octavam*, la 58e, & non la 580e partie. Une diſtance 580 fois plus petite donneroit une force trois cent fois plus grande. M. Lexell dit expreſſément trois fois, ce qui ſuppoſe une diſtance ſeulement 58 fois plus petite.

cette vîteſſe accélérée, ſont celles que nous avons obſervées. Mais la comete doit-elle reſter dans cette route nouvelle que Jupiter lui a fait prendre? C'eſt ce qu'il eſt impoſſible de ſuppoſer. L'aſtre dans cette orbite même eſt néceſſité à des rencontres ſemblables à celles où il s'eſt déjà trouvé: ſon cours le fait paſſer très-près de Jupiter; cette planete peut lui ôter ce qu'elle lui a donné. Le 23 Août 1779, la comete a dû ſe trouver dans cette grande proximité; la force de Jupiter y a dû être 224 fois plus grande que celle du Soleil: Jupiter, agiſſant avec cette énorme ſupériorité, doit ſe rendre, pour ainſi-dire, le maître du mouvement de la comete, & opérer des transformations, qui, lorſqu'elle reparoîtra, la montreront comme un aſtre nouveau. Tous ces phénomènes tendent à prouver l'univerſalité de l'attraction proportionnelle à la maſſe, mais diminuant par la diſtance; on ne peut douter que les corps n'agiſſent les uns ſur les autres. La comete enchaînée, comme les planetes, au joug du Soleil, pour s'être approchée trop près de Jupiter, a perdu le privilége de s'étendre au loin dans l'eſpace. Chacun eſt puiſſant dans ſon domaine; quand on approche des Grands, on eſt entouré de leurs chaînes & ſaiſi par leur empire; on ne jouit de ſa liberté qu'en s'éloignant d'eux, & ſur-tout en évitant les deſpotes ſubalternes, devenus forts par l'éloignement du Souverain.

Au moment que nous écrivons, un phénomène qui ſemble inexplicable, un aſtre nouveau & extraordinaire fixe l'attention de l'Europe ſavante; un Allemand nommé M. Hartchell, l'a découvert en Angleterre, à Bath, le 17 Mars 1781. On a jugé d'abord que c'étoit une comete; les aſtres nouveaux qui changent de lieu, qui ont un mouvement ſuivi, ſemblent ne pouvoir être que des cometes. Cependant celui-ci n'en a point les caractères: il n'a ni barbe, ni chevelure, ni queue. Bien

des cometes obſervées depuis un ſiecle, ont paru dépouillées de cette traînée lumineuſe qu'on a nommée leur queue, & dont le ſpectacle inaccoutumé a ſi ſouvent effrayé les eſprits; mais on n'a jamais vu aucune comete qui ne fût environnée d'une nébuloſité blanchâtre, eſpece d'atmoſphère dont les formes variées, bizarres, & certaines reſſemblances lui ont fait donner le nom de barbe ou de chevelure. L'aſtre nouveau en eſt entiérement privé : il eſt petit, mais brillant, d'une lumière vive; il eſt en tout ſemblable aux petites étoiles déſignées de la ſixieme grandeur. Confondu parmi elles, on ne peut le diſtinguer que par l'obſervation de ſon mouvement; mouvement qui eſt lent & d'environ deux minutes par jour. Cet aſtre a paru ſuivre l'écliptique, juſqu'à ce moment où il eſt enveloppé des rayons du Soleil; à la ſortie, l'obſervation pourra nous éclairer ſur ſa nature. Cet aſtre, quel qu'il ſoit, ne peut être qu'une comete, une planete ou une étoile; mais dans tous les cas, c'eſt un phénomène extraordinaire. Comme comete, n'ayant ni nébuloſité ni queue, il ſeroit le premier qu'on eût obſervé de ce genre; mais cette circonſtance ne ſeroit pas ſon unique ſingularité. Un amateur illuſtre de l'Aſtronomie, M. le Préſident de Saron, a calculé quel ſeroit l'orbe de cette prétendue comete; il a trouvé qu'elle étoit actuellement éloignée de nous deux fois plus que Saturne, dix-huit fois plus que le Soleil, & qu'elle n'arriveroit à ſa plus grande proximité de cet aſtre qu'en 1784. Aucune comete n'a paru trois ans avant ſon paſſage au périhélie, aucune comete n'a été vue à une ſi grande diſtance, à une diſtance double de celle de Saturne. Les calculs dont nous parlons ne peuvent être tout-à-fait exacts, parce qu'on n'a encore obſervé qu'une petite partie d'un mouvement très-lent; ils ne le ſont même point du tout, ſi l'aſtre n'eſt pas une comete, parce

qu'on a ſuppoſé qu'il marchoit ſuivant leurs loix, qu'il décrivoit en apparence une parabole, comme elles ont coutume de le faire. Si on faiſoit paſſer une courbe de ce genre, comme cela eſt poſſible, par trois lieux obſervés de Saturne, on n'obtiendroit que des réſultats faux, parce qu'on lui ſuppoſeroit une marche qui n'eſt pas la ſienne. Si l'aſtre eſt une planete, il faut donc avoir recours à d'autres méthodes ; cette opinion commence à prévaloir en France & en Angleterre. M. Lexell nous mande de Londres qu'on y repréſente toutes les obſervations, en ſuppoſant que l'aſtre ſe meut dans un cercle dont le rayon eſt double de celui de Saturne. Ce ſeroit donc une planete qui juſqu'ici auroit échappé aux obſervations ; on ne doit pas en être étonné, puiſqu'elle ſe confond ſi bien avec les étoiles, que ceux qui ont fait des catalogues ont dû l'obſerver, & l'inſcrire comme telle. M. Meſſier penſe même qu'on pourroit expliquer par-là pourquoi certaines étoiles marquées dans les catalogues, ne ſe trouvent plus dans le ciel. Les poſitions de ces étoiles ne ſeroient que les poſitions paſſagères de la planete trouvée en différens lieux, dans différens tems, & par différens obſervateurs ; mais il reſte encore à expliquer pourquoi cette planete ſi petite en apparence, ſi prodigieuſement éloignée de nous, nous renvoie une lumière ſi vive, une lumière étincelante, comme celle des étoiles. Ce caractère ſembleroit rapprocher l'aſtre inconnu de la nature de ces aſtres regardés comme fixes & comme lumineux par eux-mêmes. La multitude des étoiles eſt dans un repos parfait ; leurs places ſont les mêmes dans le ciel, leur diſtance reſpective ne change point : ſi quelques-unes ſe ſont écartées de cette loi générale, ce ſont les plus grandes. D'ailleurs, ces mouvemens obſervés dans quelques étoiles ſont très-lents ; il a fallu vingt ſiecles pour s'en aſſurer. Celui-ci eſt d'une toute autre eſpèce, il ſe

fait remarquer d'un jour à l'autre; il n'auroit rien de commun avec le mouvement particulier, peu ſenſible, reconnu dans d'autres étoiles. Une étoile, ou plutôt un ſoleil accompagné ſans doute de planetes qui eſcortent ſa maſſe, & qui lui obéiſſent, voyageant ainſi dans l'eſpace avec une certaine vîteſſe, un ſoleil qui s'approcheroit peut-être de nous, qui viendroit nous offrir un nouveau ſpectacle, nous échauffer de ſes feux, nous éclairer de ſa lumière, ſeroit un grand ſujet de curioſité, de recherche & d'admiration pour nous & pour notre poſtérité.

Mais cette dernière ſuppoſition eſt la plus difficile à admettre; ſi cet aſtre étoit un corps volumineux, comme le ſoleil, il ſeroit, en conſéquence de ſa petiteſſe apparente, à une diſtance énorme, & encore infiniment plus grande qu'on ne le ſuppoſe. Malgré la lenteur de ſon mouvement obſervé, il auroit, à cette diſtance, une vîteſſe prodigieuſe. L'avenir ſeul peut nous éclairer ſur la nature de cet aſtre ſingulier: ſi dans quelque tems nous le perdons de vue, on le rangera au nombre des corps qui ont un orbe très-alongé, & qui ne ſont viſibles pour nous que dans une petite partie de leur cours, ce ſera une comete; s'il reſte toujours viſible, cette circonſtance le placera au rang des planetes, qui ſemblent nous appartenir de plus près, & qui ayant des orbites preſque circulaires, s'approchent & s'éloignent de nous par des diſtances moins inégales. Dans cette dernière hypothèſe, & dans la ſuppoſition d'une diſtance double de celle de Saturne, le nouvel aſtre, conformément à la loi de Kepler, auroit une révolution moindre que le triple de celle de cette planete, c'eſt-à-dire, entre 80 & 90 années: ſa marche demande donc une longue étude; & ſi la génération actuelle a l'avantage d'enrichir notre ſyſtême d'une nouvelle planete, ce ſont les générations

ſuivantes

ſuivantes qui fixeront les élémens de ſon mouvement, & les dimenſions de ſon orbite.

Si de cette Aſtronomie impoſante, qui conſidere la nature éloignée, nous revenons à nous, à notre globe, à notre atmoſphère, nous trouverons dans ces derniers tems des recherches moins ſublimes, mais encore plus utiles ; ce qui eſt près de nous, nous tient de plus près, & devient d'un uſage plus familier & plus néceſſaire. La réfraction de la lumière, ce phénomène qui s'opere tous les jours, à tous momens, a beſoin d'être d'autant mieux connu, qu'il affecte toutes les obſervations, & que nous montrant les aſtres où ils ne ſont pas, ſi nous voulons dire où ils ſont réellement, il faut que nous puiſſions rendre compte de ſa marche & de ſes variations. On ſoupçonnoit depuis Tycho que la réfraction ne devoit pas être la même par toute la terre, ni dans les différentes ſaiſons (*a*). Kepler penſoit qu'elle diminuoit lorſqu'on s'élevoit ſur le globe, & il annonçoit qu'à une certaine hauteur il n'y auroit plus de réfraction ſenſible (*b*) : mais la raiſon n'admet pas toujours au rang des vérités toutes les vues du génie ; elle ne croit poſſéder, & n'inſcrit dans les faſtes des ſciences que les phénomènes démontrés par les obſervations. D. Caſſini avoit ſuppoſé dans l'atmoſphère un certain pouvoir réfractif, qui ne s'étendoit pas au-delà de 2000 toiſes de hauteur ; il place à cette diſtance une enveloppe ſphérique, réfringente, où ſe fait la réfraction, où le rayon ſe courbe pour continuer enſuite ſa route en ligne droite (*c*). Il ſuppoſe par-là que l'atmoſphère ne change de denſité qu'une fois, & à cette hauteur de 2000 toiſes ; au-deſſus, comme au-deſſous, tout eſt d'une

---

(*a*) *Suprà*, Hiſt. de l'Aſtr. mod. Tome II, page 16.

(*b*) *Ibid.* p. 18.

(*c*) *Ibid.* p. 361.

denſité uniforme, ce qui répugne aux loix de la Phyſique. D'ailleurs la hauteur d'un aſtre paroîtroit plus grande au ſommet qu'au pied d'une montagne; la réfraction y ſeroit donc plus forte, ce qui eſt contraire à la penſée de Kepler, & à la vraiſemblance. Il eſt naturel de croire que la denſité de l'air varie inſenſiblement d'une couche à l'autre; la ſurface réfractive de Caſſini n'eſt qu'une ſurface fictive où il place un pouvoir réfringent, unique & moyen entre toutes les réfringences variables des différentes couches. Cette quantité moyenne doit changer comme le nombre des quantités qui la compoſent; d'où il réſulte qu'en s'élevant dans l'atmoſphère ſur une montagne, la ſurface réfractive doit s'élever & s'éloigner proportionnellement. Cette hypothèſe peut être bonne, comme approximation, mais elle n'eſt point conforme à la nature. Le rayon de lumière ſe rompt à chaque pas dans l'atmoſphère, il ſuit une courbe qu'il faut déterminer à l'aide de la géométrie; c'eſt ce qu'a entrepris M. Bouguer. Phyſicien, Aſtronôme & Géometre, il ne lui manquoit rien pour ces recherches; le Pérou & les Cordilières lui offroient de grandes reſſources; il avoit à ſa diſpoſition tous les climats, toutes les températures & les plus grandes hauteurs du globe. Il trouva conſtamment au bord de la mer, ſous l'équateur, les réfractions plus petites qu'en France; ainſi on peut conclure de ce réſultat, comme de l'obſervation faite en Suede, comme de celle des Hollandois dans la nouvelle Zemble (*a*), que la réfraction moindre à l'équateur, croît à meſure qu'on s'avance vers les pôles. Cette variation naît de la différence d'un air dilaté par la chaleur à un air condenſé par le froid, & par-là devenu plus réfringent. M. Bouguer, tranſporté à Quito ſur un ſol élevé de 1466

(*a*) *Suprà*, Tome II, p. 16.

toises, y trouva les réfractions plus petites qu'au niveau de la mer; & cela doit être, parce que le rayon ayant moins de chemin à faire, se rompt moins. M. Bouguer, monté sur Pichincha, & plus élevé que Quito de 527 toises, y trouva encore les réfractions diminuées; la différence étoit sensiblement égale à ce qu'on appelle la réfraction terrestre. En effet la différence de ces réfractions est celle qui a lieu dans le trajet d'une station à l'autre; c'est la courbure que le rayon de lumière souffre dans ce passage (*a*). Il fut donc bien reconnu que les réfractions avoient deux sources d'inégalités: l'une qui les diminue, en s'avançant du pôle à l'équateur; l'autre qui les diminue aussi, en s'élevant de la surface de la terre à différentes hauteurs. Quoique la réfraction ait lieu dans toutes les couches de l'atmosphère, & depuis l'entrée du rayon jusqu'à ce qu'il atteigne notre œil, comme on ne peut douter que les couches d'air les plus épaisses, les plus denses, & par conséquent les plus réfractives, ne soient les plus voisines de la surface, il est évident qu'il existe une hauteur où l'air devient si rare, que la réfraction doit être insensible; là sont placés les termes de la réfringence que Cassini avoit soupçonnés. M. Bouguer ayant observé la réfraction à différentes élévations sur les montagnes du Pérou, put estimer les densités, les diverses couches dont il avoit les différens effets, & il trouva qu'à 5158 toises au-dessus de l'horizon il n'y auroit plus sensiblement de réfraction (*b*). M. Bouguer a reconnu qu'en général elle étoit plus grande la nuit que le jour, d'une sixieme ou septieme partie (*c*).

Ce n'étoit pas assez de connoître toutes ces causes de variations, il étoit essentiel d'observer avec précision les quan-

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1739, p. 415.

(*b*) *Ibid.* 1749, p. 96.

(*c*) *Ibid.* p. 105.

tités de la réfraction, relatives aux différentes hauteurs. Ceux qui en avoient donné des tables, Flamsteed, Newton, Cassini, Lahire ne s'accordoient pas; ils différoient quelquefois de 30″. Aujourd'hui que les instrumens sont meilleurs, ainsi que les méthodes d'observer, il faut que tout monte au niveau de cette perfection. Un bon observateur peut fixer la hauteur d'un astre à deux ou trois secondes près; il seroit affligeant pour lui qu'en la corrigeant de l'effet de la réfraction, il s'exposât à une erreur de 30″. M. de la Caille, enlevé trop tôt à l'Astronomie, entreprit cette tâche importante de la détermination des réfractions. Mais comme elles diminuoient sur les montagnes, dans un air moins dense, comme elles étoient plus grandes la nuit, dans un air plus froid, il étoit naturel d'en conclure qu'elles devoient varier en raison de la température & du poids de l'air, marqués par le thermomètre & le baromètre; il falloit donc connoître ces variations, avant de déterminer les quantités relatives à la hauteur des astres, & qui sont toujours les mêmes. Hauxbée avoit montré qu'un air condensé au double, pesant une fois plus, donnoit une réfraction double (*a*); il s'ensuit que lorsque le baromètre descend de 28 à 27 pouces, la réfraction doit diminuer d'une 28e partie.

Halley observant que le baromètre dans nos climats varie de deux pouces sur trente, & que la densité de l'air est plus grande d'une quinzieme partie dans un tems de l'année que dans l'autre, soupçonna que les réfractions devoient varier, suivant cette raison. D. Cassini & Picard reconnurent dès 1669, qu'elles changeoient, suivant la température de l'air, ou qu'elles étoient plus grandes en hiver qu'en été (*b*). Cette cause de changement fut constatée par M. le Monnier en 1738 &

(*a*) *Suprà* Tome II, p. 607.

(*b*) *Ibid.* p. 380.

1739 : il fit un grand nombre d'obſervations des étoiles circompolaires ; il les obſerva, & à leur plus grande hauteur, lorſqu'elles ſont preſqu'entièrement dépouillées de l'effet de la réfraction, & à leur moindre hauteur, lorſqu'elles en ſont le plus affectées. Ces obſervations fondamentales furent répétées en hiver, dans les jours les plus froids, & en été, dans les jours les plus chauds : il trouva qu'à 4° 44′ de hauteur la réfraction varioit de 2′ pour 36 degrés du thermomètre (*a*). M. Euler a montré que la réfraction doit diminuer, & par les mêmes degrés que la chaleur augmente.

M. Maïer, Aſtronôme de Gœttingue, conſtruiſit ſur ces différens principes des corrections relatives à la chaleur & au poids de l'air. M. de la Caille adopta ces corrections ; il fut donc en état de réduire toutes les obſervations, faites dans un air différemment dilaté ou condenſé, & différemment peſant, comme ſi elles avoient été faites dans la même température. Il employa une méthode très-ingénieuſe, qui quadruploit l'effet de la réfraction ; & par un travail énorme, tant d'obſervation que de calcul, il établit toutes les réfractions depuis le zénith, où elles ſont nulles, juſqu'à ſix degrés de hauteur : il n'étendit point ſes recherches & la même préciſion à des hauteurs moindres, parce que les réfractions y ſont trop irrégulières & trop éloignées de toute préciſion. Ce travail de M. de la Caille eſt magnifique ; jamais détermination aſtronomique n'a été établie ſur plus d'obſervations, ni vérifiée par un plus grand nombre d'attentions. Nous devons dire cependant que la Table qui en réſulte, n'eſt pas exempte de quelque incertitude ; on ſoupçonne que l'inſtrument dont M. de la Caille s'eſt ſervi,

(*a*) Hiſtoire céleſte, Diſcours préliminaire.

donnoit les hauteurs un peu trop grandes; il en devoit également résulter des réfractions trop grandes. Il est certain que plusieurs observateurs, à la tête desquels étoit le célebre Bradley, trouvoient constamment les réfractions moindres que M. de la Caille; il imaginoit de son côté, que leurs instrumens donnoient les hauteurs trop petites. Ce procès n'a pas été jugé; il est même difficile qu'il le soit. L'objet de la contestation n'est que de six secondes. Nous voyons le progrès des choses: dans le dernier siecle on étoit tranquille, malgré une différence de 30″; aujourd'hui cette légère incertitude de 6″ rend suspecte la Table de M. de la Caille, & suffira peut-être pour la faire abandonner.

Les incertitudes sont bien plus grandes sur les petites hauteurs. Les astres près de l'horizon sont plongés dans les vapeurs; il faut une méthode particulière pour les observer. M. le Prince de Croy ayant fait bâtir un pavillon destiné à servir d'observatoire, auprès de Chatillon, à une lieue de Paris, sur un sol assez élevé, M. le Monnier, qui avoit commencé cette théorie des variations de la réfraction par la chaleur, pensa que l'observatoire de M. le Prince de Croy pourroit lui servir à continuer ses recherches, & même à déterminer la réfraction horizontale. Les étoiles boréales, assez éloignées de l'équateur, décrivent des cercles diurnes qui coupent fort obliquement l'horizon; la réfraction qui les éleve, les transporte dans un autre cercle diurne, & les fait lever & coucher à d'autres points de l'horizon. En calculant, par les positions connues des étoiles, l'arc intercepté entre les vrais points de leur lever & de leur coucher, comme il paroîtroit, s'il n'y avoit point de réfraction; en observant la grandeur altérée de cet arc, la différence donnera l'effet même de la réfraction: il est tel qu'une réfraction plus grande ou plus petite d'une

minute, diminue ou augmente cet arc de vingt-neuf minutes (*a*). L'art de l'Astronôme est d'amplifier ainsi les effets pour les mieux déterminer. L'inconvénient de cette méthode est la difficulté d'appercevoir les étoiles dans un horizon souvent embrumé, à travers un air grossier, & toujours plus ou moins chargé de vapeurs.

Ces considérations sur l'atmosphère de notre globe nous conduisent à renouveler la question des atmosphères des planetes, & à demander ce que nous avons appris à cet égard, par les connoissances nouvelles. L'Académie des Sciences de Paris a proposé cette question en 1758, & M. l'abbé Frisi, célebre Géometre d'Italie, a remporté le prix; malgré ces recherches savantes, nous ne savons rien de plus que dans le siecle dernier. Quelques observations ont fait soupçonner une atmosphère dans les planetes de Mars, de Vénus & de Mercure (*b*); mais d'autres observations détruisent ces soupçons, & quand l'observation ne parle que pour se contredire, la raison doit s'abstenir de prononcer. La seule connoissance positive que nous ayons acquise à cet égard, est celle d'une très-petite atmosphère autour du globe de la Lune. L'éclipse de Soleil du premier Avril 1764 fut l'occasion de cette découverte. Un grand nombre d'Astronômes avoient soupçonné cette atmosphère; M. Euler entreprit d'en prouver l'existence par les éclipses du Soleil (*c*). Plusieurs phénomènes, tels que des variations dans la durée de ces éclipses, les étoiles vues sur le disque de la Lune, avant leur disparition derrière ce disque, étoient attribués à une atmosphère qui produit une

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1766, p. 608

(*b*) M. l'abbé Frisi, *Dissertatio de atmosphærâ cœlestium corporum.* M. de Lalande, Astronom. Tome II, p. 719.

(*c*) Mém. de l'Acad. de Berlin 1748, p. 103.

réfraction, ou à une inflexion des rayons solaires, qui se détournent vers le globe de la Lune, attirés par sa masse. Cette dernière cause est celle qu'imaginoit M. de Lisle. Quelle que soit cette cause, M. le Monnier a remarqué que pour en déterminer l'effet, il falloit comparer la durée des éclipses annulaires à celle des éclipses totales *(a)*. M. Euler penchoit à admettre une atmosphère autour de la Lune, & la supposoit capable d'une réfraction de 20″. M. du Séjour ayant cherché une méthode analytique, qui embrassât rigoureusement toutes les circonstances des éclipses, qui laissât indéterminés tous les effets mal connus, afin de pouvoir les déterminer par le plus grand accord des observations, trouva que relativement à l'inflexion des rayons solaires, toutes les observations de l'éclipse du premier Avril 1764, qui étoient en grand nombre, ne pouvoient s'accorder qu'en admettant une inflexion de 4″½. Il démontra que cette inflexion n'étoit point semblable à celle qui a été observée par le P. Grimaldi, & nommée par lui diffraction; phénomène qui est dû, suivant Newton, à l'attraction des corps sur la lumière. Le rayon qui rase le bord de la Lune, vient du Soleil avec une telle rapidité, que par sa vîtesse il échappe à l'attraction de la Lune; sa route à cet égard reste sensiblement en ligne droite : le détour de 4″½ que le rayon souffre près de la Lune, ne peut être attribué qu'à une réfraction dans son atmosphère *(b)*. Mais l'inflexion observée est double de la réfraction horizontale de la Lune. Cette réfraction qui est de 32′ sur le globe de la terre, n'est donc que de 2″¼ sur le globe de notre satellite : on ne doit donc pas s'étonner si cette atmosphère, qui existe réellement, mais si petite, a été si long-tems l'objet de tant de soupçons &

(a) Mém. Acad. des Scien. 1764, p. 154. *(b)* *Ibid.* 1767, p. 209.

d'incertitudes

d'incertitudes ; elle échappoit aux obſervations. Il a fallu une méthode telle que celle de M. du Séjour, & qui permît de faire concourir la totalité d'un grand nombre d'obſervations ; il faut beaucoup de témoins pour les choſes difficiles à conſtater. On doit admirer l'induſtrie de l'homme, qui ſait démêler un phénomène ſi foible ſur le globe, à la vérité le plus proche de nous, mais encore bien éloigné, relativement au peu d'étendue de nos organes. Telle eſt cette atmoſphère ſi long-tems cherchée & ſi difficile à conſtater. Il faut que l'air qui environne la Lune, ſoit bien peu denſe, pour que la plus grande de toutes les réfractions n'y ſoit que de deux ſecondes un quart : à peine ce fluide mérite-t-il le nom d'air ; il ſe rapproche bien plus de la nature de l'éther. Pour en trouver ici un ſemblable, il faudroit monter ſur les plus hautes montagnes, ou plutôt atteindre ces limites de 5158 toiſes où leur ſommet n'atteint pas, & que M. Bouguer a marquées à la réfraction inſenſible ; qu'eſt-ce en effet qu'une réfraction de deux ſecondes, ſi ce n'eſt une réfraction inſenſible? On peut dire encore que malgré la découverte de M. du Séjour, la Lune n'a point d'atmoſphère : celle qui réſulte de nos recherches eſt du moins dans un état d'imperfection ; c'eſt une atmoſphère, ou ſeulement en partie commencée, ou déjà en partie détruite. S'il eſt naturel de croire que les atmoſphères appartiennent aux corps, qu'elles en ſont des émanations & le produit de la chaleur, il eſt également naturel de croire que la Lune eſt incapable de ces émanations, qu'elle eſt privée de la chaleur qui agite l'intérieur des corps, & qui en fait évaporer les parties les plus ſubtiles. Seroit-il trop hardi de conclure que quand un corps n'a pu ſe former une enveloppe de ſes propres émanations, il eſt entiérement ſtérile, dans un repos abſolu & glacé, qui eſt l'état de mort pour les corps inanimés ? Comment la Lune

auroit-elle de la chaleur, des liquides ſans émanations ? Comment auroit-elle des êtres vivans ſur un globe ſans eaux & preſque ſans air? Comment les végétaux pourroient-ils croître, ſi elle ne tire rien de ſon ſein ? Nous ſommes déjà parvenus à ces concluſions (*a*), confirmées ici par la découverte d'un air preſque ſans maſſe & ſans énergie. Tant que nous n'avons pu meſurer cet air par ſes effets, nous ignorions ſa nature ; mais lorſqu'une fois nous l'avons ſaiſie, nous avons une donnée qui nous permet des concluſions légitimes. Tout eſt lié dans la nature par un beſoin mutuel, toutes ſes parties dépendent les unes des autres ; les grands corps, les maſſes habitées ſont organiſés comme la machine humaine, où la vie dépend de tant d'élémens. L'abſence, la deſtruction d'un de ces élémens ſuffiſent pour interrompre la vie, & pour détruire l'organiſation.

L'Aſtronomie ne s'eſt pas ſeulement enrichie par ces ſpéculations tranquilles du cabinet, par les obſervations des Aſtronômes ſédentaires, elle doit encore de grands progrès & aux voyages entrepris ſur le globe, & à la perfection des arts ; nous allons examiner ſucceſſivement les produits de ces deux ſources.

L'homme tranquille & ſédentaire ne connoîtroit rien qu'imparfaitement : il n'occupe qu'un point dans un eſpace infini ; la vue, le plus étendu de ſes ſens, eſt encore ſi bornée ! D'ailleurs elle le trompe, il ne voit bien que ce qu'il touche. Il faut donc qu'il ſe tranſporte pour tout voir, qu'il marche pour tout meſurer, qu'il change de place pour changer les apparences qu'il veut étudier & approfondir ; en un mot il faut que l'homme parcoure l'univers, la nature, autant qu'il le peut, & qu'il s'applique lui-même, & ſucceſſivement, aux

(*a*) *Suprà*, Tome. II. p. 728.

différentes parties de leur étendue pour en ſaiſir les détails & en déterminer les rapports. Les voyages, entrepris de nos jours dans l'Europe & ſavante & curieuſe, ſont un avantage des modernes ſur les anciens habitans du monde. Jadis les peuples étoient circonſcrits : ils étoient ſéparés par la jalouſie & par la défiance ; chaque nation vivoit à part, ſans preſque aucune communication à l'extérieur ; elle étoit concentrée en elle-même, comme jadis, dans nos mœurs antiques & ſimples, on l'étoit dans ſa famille. La ſociété des peuples s'eſt étendue ſur le globe, comme dans les villes la ſociété des Hommes. Les connoiſſances générales ſe ſont multipliées, peut-être aux dépens des affections domeſtiques, & les ſciences ont gagné ce que les mœurs ont perdu.

Nous avons dit ce que les François ont fait pour la meſure de la terre : ils ont quitté leurs foyers ; ils ont été braver les froids du nord & les ardeurs du midi, eux qui ſont nés ſur un ſol & ſous un ciel où la nature a placé la même douceur de température qu'elle a donnée à leur caractère. Ces voyages ſont devenus l'exemple de beaucoup d'autres; & dès que certaines contrées du globe ont offert des connoiſſances nouvelles, on a trouvé des hommes curieux & intrépides pour les aller chercher. M. de la Caille que nous pouvons louer, parce qu'il ne nous entend pas ; cet homme auſſi recommandable par ſa vertu que par ſes talens, cet homme que ſes amis & les ſciences pleureront toujours, après avoir rectifié la théorie du ſoleil, obſervé les plus belles étoiles viſibles ſur notre horizon, & avoir donné ces baſes à l'Aſtronomie future, entreprit d'aller dans l'hémiſphère auſtral, voir l'autre partie du ciel qui nous eſt cachée par l'opacité de la terre. Le même deſſein avoit conduit Halley, dans le ſiecle dernier, à l'île de Sainte-Helène ; mais Sainte-Helène n'eſt

pas aſſez avancée vers le midi, le ciel n'y eſt pas aſſez favorable. M. de la Caille, jaloux d'aſſocier ſon nom à celui de Halley, penſa qu'il lui reſtoit encore beaucoup à voir & à obſerver; il choiſit le Cap de Bonne-Eſpérance, & il y exécuta un des plus grands travaux qu'un homme ſeul ait oſé entreprendre, ce fut de déterminer les poſitions de toutes les étoiles viſibles, qui ſe rencontrent entre le pôle auſtral & le tropique du capricorne. Peu de ces étoiles ſe montrent ſur notre horizon: cette partie du ciel, qui fait à-peu-près le tiers de la voûte céleſte, eſt preſque entièrement étrangère à nos climats; elle contient dix mille étoiles viſibles & dignes d'être obſervées. M. de la Caille n'en a laiſſé échapper aucune; qu'on ſe repréſente un homme, qui paſſe chaque nuit ſept à huit heures ſans ceſſe attaché à une lunette, où il obſerve toutes les étoiles que la révolution du ciel fait paſſer devant lui, tantôt debout, tantôt couché, & regardant le zénith, toujours combattant le ſommeil, & multipliant ſes travaux pour le ſurmonter. Il ne ſe ſeroit occupé que des plus belles étoiles, mais leur nombre n'étoit pas aſſez grand; il obſerva toutes les autres, pour être continuellement en action. Ces momens de M. de la Caille furent à-peu-près ſemblables à tous les autres de ſa vie; voilà l'homme laborieux, voilà l'Aſtronôme que nous avons peint (a). Cette précieuſe deſcription, le Catalogue de dix mille étoiles qu'il nous a laiſſé, n'a pas beſoin de l'épreuve du tems; le mérite de l'Obſervateur ſuffit pour en aſſurer l'exactitude. Si l'hiſtorien s'écarte ici de la regle qu'il s'eſt impoſée, les cœurs ſenſibles & juſtes le lui pardonneront; M. de la Caille fut ſon ami & ſon maître.

Une autre recherche importante avoit conduit M. de la

(a) *Suprà* Tome II, p. 281.

Caille au Cap de Bonne-Eſpérance : la parallaxe de la lune qui renferme le ſecret de ſa diſtance, eſt une de ces illuſions ou de ces apparences qu'il faut faire varier, qu'il faut àmplifier pour les connoître & les mieux déterminer ; elle eſt la plus grande à l'horizon, elle tend à en rapprocher les aſtres & à les éloigner du zénith. On ſait qu'elle eſt due à l'épaiſſeur de la terre ; on ſe rappelle qu'elle eſt formée par les deux lignes imaginées du centre de la terre & de l'œil de l'obſervateur au centre de la lune. Cet obſervateur la voit plus éloignée de ſon zénith qu'elle ne l'eſt réellement. Si un ſecond obſervateur tranſporté dans l'autre hémiſphère, obſerve de ſon côté, au même inſtant que le premier, il verra auſſi la lune éloignée de ſon zénith par la parallaxe ; mais comme les hémiſphères ſont oppoſés, les effets ſont contraires. Dans l'un la parallaxe porte la lune vers le midi ; dans l'autre elle la ramene vers le nord. Les obſervations comparées donneront pour réſultat le double de la parallaxe, ou du moins une parallaxe preſque doublée, ſuivant les circonſtances plus ou moins favorables. L'erreur inévitable ſera enſuite partagée comme le réſultat double ; & la parallaxe, cette connoiſſance délicate & importante ſera déterminée avec d'autant plus de préciſion. Tandis que M. de la Caille obſervoit au Cap, M. Bradley obſervoit à Londres, M. de la Lande à Berlin, M. Zanotti à Bologne, M. Wargentin à Stockolm, M. Caſſini de Thury à Paris, &c. Ce ſecours que les hommes ſe prêtent, ce concours pour une même recherche eſt un avantage de la ſociété des peuples ; la facilité des voyages eſt encore un fruit de leurs communications. Peu à peu nous nous ſommes familiariſés avec les climats, avec les hommes, c'eſt aujourd'hui que l'homme eſt vraiment habitant de la terre. Il faut remarquer que l'applatiſſement du globe introduit une petite inégalité dans la parallaxe ; cette parallaxe

feroit partout la même fur une fphère. On conçoit que la ligne menée de l'œil de l'obfervateur à la lune fera plus rapprochée du centre de la terre fous le pôle applati que fous l'équateur exhauffé. Cette ligne, rencontrant au centre de la lune celle qui eft menée du centre de la terre, formera donc avec elle un angle plus petit, une parallaxe moindre pour le pôle que pour l'équateur : les parallaxes varieront tant foit peu dans l'intervalle ; ce font de nouvelles attentions & de nouveaux fcrupules de calcul. Il réfulte de ces recherches que la parallaxe moyenne & pour Paris eft de 57′ 39″ (*a*); la diftance qu'elle fuppofe eft de 85464 lieues (*b*). Il n'y a pas plus de deux fecondes

(*a*) Cette parallaxe de 57′ 39″ n'eft pas celle qui convient à la diftance moyenne de la lune, mais la moyenne arithmétique entre la plus grande & la plus petite de toutes les parallaxes.

(*b*) M. Murdoch a propofé une méthode pour trouver la diftance moyenne de la lune & fa parallaxe, déduites de la feule loi de la gravitation. Cette théorie eft affez bien confirmée, pour qu'elle puiffe fervir à cet ufage. On connoît la quantité de toifes dont les corps tombent fur la furface de la terre en une feconde ; on connoît également l'arc parcouru par la lune dans le même tems, & le finus verfe de cet arc, qui eft l'efpace de la chûte. Il eft clair que ces deux efpaces feront entr'eux inverfement comme les carrés des diftances. On peut donc, au moyen du rayon connu de notre globe, trouver la diftance de la lune. M. Murdoch trouve cette diftance de 60,08906 demi-diametres de notre globe, & la parallaxe de 57′ 12″,34 ; enfuite confidérant que la lune ne fe meut pas précifément autour de la terre, mais autour du centre commun de gravité, il cherche le changement qui en réfulte fur la diftance & fur la parallaxe, & il trouve la première de 60,5883, & la feconde de 58′ 44″,07, (*Tranf. philof.* 1764, p. 29). M. de la Caille a déterminé la parallaxe horizontale & moyenne fous l'équateur de 57′ 14″ ; M. Maier de 57′ 11″ ; M. de la Lande de 57′ 13″. Les réfultats de ces Aftronômes font établis fur des obfervations nombreufes & délicates, & il eft curieux de voir comment la théorie a fi bien deviné ces réfultats.

M. Horfley a voulu de même chercher la diftance du foleil à la terre par la feule théorie, ou du moins le rapport de cette diftance à celle de la lune à la terre. Il emploie la révolution périodique de la lune, & fa révolution anomaliftique. C'eft la force attractive de la terre, qui retient la lune & regle fa révolution périodique ; c'eft la force perturbatrice du foleil, qui produit le mouvement de l'apogée, & qui conféquemment regle le mouvement anomaliftique : en comparant ces deux révolutions, on a le rapport des forces ; & fi les maffes font connues ou fuppofées, on a le rapport des diftances. M. Horfley, en fuppofant la diftance de la lune de 60½ demi-diametres, trouve celle du foleil de 30008½ des mêmes demi-diametres, & fa parallaxe de 6″ 52‴ (*Tranf. philof.* 1767, p. 179), beaucoup trop petite fans doute. Mais comme le remarque M. Horfley, l'incertitude de la maffe de la lune produit feule une très-grande différence fur le réfultat du calcul. (*Ibid.* 1769, p. 153).

d'incertitude ſur cette détermination ; & comme ces deux ſecondes répondent à cinquante lieues (*a*), il s'enſuit que ſans ſortir du globe où nous ſommes renfermés, notre induſtrie a meſuré une grande diſtance avec cette préciſion.

C'eſt beaucoup d'avoir connu ſi bien la diſtance à laquelle la force prépondérante de la terre a fixé la lune, &, pour ainſi dire, la longueur de la chaîne où cet aſtre eſt attaché. Les chaînes du ſoleil, proportionnées à ſa puiſſance, ſont plus étendues & plus difficiles à apprécier ; elles retiennent toutes les planetes à différentes diſtances. Nous avons dit que ces diſtances ont entr'elles des relations néceſſaires : il n'en faut connoître qu'une, toutes les autres ſeront connues ; elles ſont meſurées par les parallaxes. C'eſt donc à la parallaxe du ſoleil, c'eſt-à-dire, aux différentes apparences produites par la groſſeur de notre globe, qu'il faut demander la diſtance du ſoleil à la terre ; mais le ſoleil eſt ſi loin, la terre eſt ſi petite devant lui, qu'elle a bien peu d'étendue pour des apparences ſenſiblement différentes. Deux lignes menées d'un point de la circonférence du globe & de ſon centre, quoiqu'éloignées de la longueur du rayon, & par conſéquent ſéparées par une diſtance de plus de 1400 lieues, lorſqu'elles aboutiſſent & ſe joignent au centre du Soleil, y forment un angle ſi petit, qu'il offre peu de priſe à nos obſervations. Ariſtarque ſuppoſoit cet angle de trois minutes ; Hypparque, Ptolémée, Tycho même n'y ont rien changé. Kepler penchoit à faire la parallaxe

M. Murdoch a cherché la même choſe que M. Horſley ; mais en employant comme donnée la longueur du pendule à ſeconde, à l'équateur, il trouve les rapports des diſtances, des maſſes, des denſités de la terre, de la lune & du ſoleil dans différentes hypothèſes des parallaxes de la lune, les réſultats les plus éloignés pour la parallaxe du ſoleil ſont 12″,03 & 8″,09 (*Tranſac.* 1768, p. 24). Ces recherches ſont plus curieuſes qu'utiles ; mais on eſt bien aiſe de voir que la théorie peut s'accorder à donner la même Parallaxe que le paſſage de Vénus.

(*a*) M. de la Lande, Aſtron. Tom. II, p. 401.

d'une minute : Vendelinus la réduisit à 15 secondes ; cependant Halley l'estimoit encore de 25 secondes. Dominique Cassini observant la parallaxe de Mars pour en déduire celle du Soleil, la jugea tantôt de 9″, tantôt de 9″½ ; Flamsteed, Maraldi, Pound, Bradley, Jacques Cassini, M. l'Abbé de la Caille s'accorderent tous à la fixer à 10″. On voit donc que par le progrès des choses cette parallaxe avoit toujours été en diminuant, à mesure que nos moyens s'étoient perfectionnés, & nous avoient permis d'approcher de plus près la vérité. Tel étoit l'état des connoissances en 1761, au moment du fameux passage de Vénus sur le Soleil. Cette détermination étoit importante, puisque la distance du Soleil est la base, & la mesure de toutes les autres ; aussi jamais aucun objet des sciences n'a donné lieu à plus de voyages sur la terre, & n'a excité plus de mouvement dans l'Europe. On se prépara pour cette observation ; on chercha par le calcul les lieux de la terre où les circonstances seroient plus favorables. On suivoit les vues & la méthode ingénieuse de Halley. Cette méthode, nous l'avons dit (*a*), consiste à chercher le lieu du globe où la durée du passage doit être plus accourcie, & en même tems celui où elle doit être plus alongée par la parallaxe. La différence de ces durées en renferme tout l'effet ; & Halley pensoit qu'elle seroit assez sensible pour que l'on pût connoître la parallaxe à $\frac{1}{500}$e près. Il avoit indiqué le beau pays des Bramanes & les bords glacés de la baie d'Hudson comme les postes les plus avantageux. On revint sur la méthode de Halley & sur ses calculs ; on vit qu'il s'étoit trompé (*b*) : c'étoit une erreur qui indiquoit

(*a*) *Suprà* Tome II, p. 436.

(*b*) M. du Séjour a appliqué une méthode générale pour les éclipses, dont nous parlerons dans le livre suivant, aux passages de Mercure & de Vénus qui ne sont eux-mêmes que des éclipses de Soleil. Les méthodes ingénieuses de Halley & de M. de Lille sont indirectes, elles procédent par un taton-

la baie d'Hudſon. M. de Liſle étendit & perfectionna la méthode de Halley; il montra que la parallaxe altérant les momens de l'entrée ou de la ſortie de Vénus ſur le Soleil, ces momens obſervés dans différens pays, & pris à part pour être comparés enſemble, donnoient ſouvent autant de différence que la durée entière des paſſages. Cette perfection de la méthode lui donnoit plus d'étendue; elle multiplioit les lieux d'obſervation. Car il y a peu de pays favoriſés, où l'on puiſſe voir toute la durée; dans le plus grand nombre on ne voit que l'entrée ou la ſortie. On pouvoit donc obſerver partout; mais il étoit eſſentiel de placer des obſervateurs dans les poſtes les plus favorables. M. de Liſle indiquoit la plus grande différence entre les obſervations faites à Tobolsk en Sibérie & à l'île Sainte-Hélène. Tous les Aſtronômes ſe mirent en mouvement, dirigés par Halley & par M. de Liſle. M. le Gentil s'embarqua pour la côte de Coromandel, ſuivant l'indication du premier. L'Académie de Pétersbourg demanda un Aſtronôme de l'Académie de Paris pour aller obſerver dans la Sibérie, tandis que les Aſtronômes Ruſſes s'avanceroient vers le Kamchatka. M. l'abbé Chappe partit en conſéquence pour Tobolsk. L'Académie de Paris envoya M. Pingré à l'île Rodrigue, dans l'Océan éthiopique, près l'Iſle de France, où l'on pouvoit eſpérer de voir la durée entière du paſſage. L'Angleterre s'étoit propoſé d'avoir des obſervateurs à la Baie d'Hudſon; mais les remarques de M. de Liſle changerent ce projet. M. Maskelyne, Aſtronôme royal, fut deſtiné pour l'île

nement. M. du Séjour, en employant une analyſe directe, eſt parvenu à une équation du ſecond degré dont les deux racines donnent, l'une la plus longue durée, & l'autre la plus courte. Il a diſcuté les paſſages de Vénus ſur le Soleil, que l'on attend pour le 8 Décembre 1874, & pour le 6 Décembre 1882, mais que la génération actuelle ne verra pas. On en trouvera les détails dans les Mémoire de l'Académie de 1773 & 1774.

Sainte-Hélène, où Halley avoit déjà obfervé. M. Mafon s'embarqua pour les Indes & pour Sumatra : mais fa navigation dirigée par les fciences qui aiment la paix, fut troublée par la guerre; nos vaiffeaux attaquerent le fien qui fut défemparé, & l'Aftronôme fe trouva obligé de refter au cap de Bonne-Efpérance. L'Académie des Sciences de Stockolm envoya des obfervateurs en Laponie & au nord de la Suede; le Roi de Danemarck à Drontheim en Norvége, l'Académie de Péterfbourg, fur les confins de la Tartarie & de la Chine (*a*).

Le jour du paffage arrivé, il fut obfervé partout où le ciel ne fe déroba pas aux regards des Aftronômes; nous ne pouvons nommer ici tous les témoins de ce curieux phénomène. Obligés de profcrire les détails, nous ne préfenterons que des réfultats; ils ne furent pas auffi fatisfaifans que Halley les avoit annoncés. On trouva peu d'accord dans les comparaifons que l'on fit des obfervations : deux Aftronômes, M. Pingré & M. Short, s'occuperent particulièrement de ces comparaifons; & comme les obfervations étoient ou différemment exactes, ou différemment favorables, ces deux aftronômes, en choififfant différens termes de comparaifon, parvinrent à des conclufions affez éloignées. M. Pingré trouva la parallaxe du foleil de $10''\frac{1}{2}$ (*b*); & M. Short feulement de $8''\frac{1}{2}$ (*c*). C'étoit un trifte réfultat pour une obfervation qui avoit couté tant de voyages & tant de peines, qu'une incertitude de deux fecondes ou d'un cinquieme de la quantité déterminée. Cette incertitude étoit bien loin de la précifion efpérée à $\frac{1}{500}$e près. Ce qu'il y eut de plus fâcheux; car l'hiftoire doit tout dire, elle doit compte de la mauvaife fortune comme des fuccès; ce qu'il y eut de plus

(*a*) Académie des Sciences 1757, Hift. p. 77.

(*b*) Mémoires de l'Académie des Sciences, 1761, pages 413 & 483; 1765, p. 1.

(*c*) Tranf. phil. 1762, p. 611; 1763, p. 158 & 300

fâcheux, c'eſt que parmi les obſervations, tandis qu'il y en avoit qui donnoient une parallaxe de 14″ & même de 30, il y en avoit d'autres qui la reſtreignoient à 4″½, & d'autres qui n'en donnoient point du tout. (*a*). Sans doute ces écarts devoient être regardés comme des erreurs d'obſervation; le plus grand nombre de ces obſervations donnoit une parallaxe peu éloignée de 10″. M. Hornsby, Aſtronôme d'Oxfort, combattit dans les Tranſactions philoſophiques (*b*) les concluſions de M. Short; il établit une parallaxe de 9″¾, qui différoit peu de celle de M. Pingré. Cependant il faut avouer que cette détermination étoit encore fort incertaine, & que ſans le ſecond paſſage de Vénus, arrivé en 1769, nous ſerions reſtés dans une triſte incertitude ſur une des connoiſſances les plus importantes de l'Aſtronomie. La nature nous avoit menagé cette reſſource. On a beſoin de ſe familiariſer avec les phénomènes; le premier ſervit d'eſſai & de préparation; les mêmes hommes virent le ſecond, & plus inſtruits des difficultés, l'attention mieux dirigée leur permit de meilleures obſervations. On ſe prépara avec encore plus de ſoin pour ce dernier paſſage: c'étoit en effet le dernier que la génération actuelle pût eſpérer d'obſerver; il s'écoulera pluſieurs générations & plus de cent années avant qu'on puiſſe le revoir. M. l'abbé Hell s'étoit tranſporté à Wardhus en Norvége. M. le Gentil, qui par les haſards de la mer avoit manqué l'obſervation de 1761, reſta dans l'Inde pour attendre celle de 1769: mais les haſards du ciel ne lui furent pas plus favorables; il eut le chagrin de manquer une ſeconde fois l'obſervation à Pondicheri. Un nuage placé ſur le ſoleil, n'y reſta que le tems néceſſaire pour

(*c*) Mém. de l'Acad. des Sciences 1761, p. 457 & 459.

(*b*) Tranſactions philoſophiques 1763, p. 467.

empêcher la vue du phénomène ; un instant lui fit perdre le fruit d'un voyage pénible. Mais les onze années passées dans l'Inde ne furent point perdues pour lui ; il en a rapporté un grand nombre d'observations utiles, & la matière d'une relation intéressante qu'il vient de publier. M. l'abbé Chappe paya cher le bonheur d'avoir réussi dans son observation de ce fameux passage ; il avoit été l'attendre en Californie, il y mourut victime de son zele, & acheta de sa vie l'honneur de cette grande décision. L'histoire lui doit des éloges, & les hommes de la reconnoissance. M. l'abbé Chappe portoit dans la carrière des sciences le même courage que l'on montre dans celle des armes ; le péril ne l'étonnoit pas, pourvu qu'il fût sûr d'échanger sa vie contre la gloire.

Les observations faites dans tous les lieux habités par des savans furent nombreuses, & cette fois les conclusions devinrent plus uniformes ; la seule observation de l'abbé Hell à Wardhus s'écarte sensiblement des autres. M. de la Lande qui la rejeta, établit la parallaxe du soleil de $8''\frac{1}{2}$ (*a*). M. Pingré, qui admit l'observation de Wardhus, trouva la parallaxe de $8''\frac{3}{4}$ (*b*). M. Lexell trouvoit $8''\frac{6}{10}$es. C'est donc cette petite quantité que nous cherchons depuis Aristarque jusqu'à nous, c'est-à-dire, depuis vingt siecles ; que nous avons obtenue en traversant les mers, en nous transportant dans des pays ou glacés, ou sauvages ; enfin par le sacrifice de la vie même à cette curiosité inquiete, qui sans cesse tire l'homme de son repos, & qui est la source de ses progrès & de sa perfectibilité : heureux du moins lorsque le succès le récompense ! Nous devons être contens de la précision que nous avons atteinte. En admettant, comme M. de la Lande, la parallaxe de $8''\frac{1}{2}$, il ne reste au

---

(*a*) Mém. Acad. des Scien. 1770, p. 416. (*b*) *Ibid.* p. 558, 1772, p. 398.

plus qu'un quart de seconde d'incertitude. Il en résulte que la distance du soleil est de près de trente-cinq millions de lieues, & que cet astre est au moins quatorze cent mille fois plus gros que la terre (*a*). L'incertitude d'un quart de seconde ne doit pas nous étonner ; c'est la limite de nos moyens & de nos connoissances à cet égard. Mais ce quart de seconde répond à un million de lieues, & cette quantité paroît énorme ! On a peine à se persuader qu'il y ait de la précision avec une telle incertitude. Cependant si on songe par combien d'efforts cette détermination a été achetée, ce qu'elle a coûté de fatigues & de dangers, si on combine les difficultés, les erreurs possibles des observations, les inégalités de l'atmosphère en différens lieux, la différence des instrumens & des vues, si l'on considere sur-tout la petitesse de la quantité déterminée, on concevra que cette précision est en effet très-grande. Il est beau, quand on vit à peine un demi-siecle sur un petit globe, presqu'insensible à la distance du soleil, de franchir l'espace qui nous sépare de ce vaste corps, & de mesurer, même dans ces limites, par notre industrie, & sa distance immense, & sa grandeur majestueuse.

A ces voyages entrepris pour le progrès de nos connoissances, ont succédé d'autres voyages, pour constater la perfection des arts. L'horlogerie est un de ceux dont l'Astronomie a le plus de besoin ; que deviendroit cette science sans la mesure exacte du tems ? Sully, Graham, Julien le Roi ont perfectionné cet art important pour les besoins des sciences & de la société, & le génie de leurs successeurs en a fait une application utile à la navigation. Comme dans les voyages de mer

---

(*a*) Plus exactement, la distance du soleil est de 34761680, & cet astre est plus gros 1435025 fois que la terre.

(*b*) Mém. Ac. des Scien. 1770, p. 416.

on a toujours facilement la latitude, la connoiſſance de la route ſe réduit à celle de la longitude (*a*); or la longitude eſt connue par le tems. Si l'on peut ſavoir l'heure qu'il eſt au même inſtant dans deux lieux différens, ces heures, par leur différence, indiqueront la différence des longitudes. Nous ne connoiſſons jusqu'ici que deux méthodes : l'une d'embarquer ſur le vaiſſeau une horloge, qui conſerve exactement ſans ſe déranger l'heure du lieu du départ, ce qui eſt très-difficile; l'autre d'obſerver l'inſtant d'un phénomene céleſte, & de calculer l'inſtant où ce même phénomene ſeroit obſervé dans un lieu connu. La différence de ces inſtans donne la différence des longitudes. On a employé à cet uſage les obſervations des éclipſes du Soleil, de la Lune & des ſatellites de Jupiter, celles des diſtances de la Lune aux étoiles. Mais parmi ces obſervations, celles des éclipſes de Soleil & de Lune ſont trop rares, les éclipſes des ſatellites de Jupiter ſont trop difficiles à obſerver ſur mer; enfin la meſure des diſtances des étoiles à la Lune ſuppoſe la connoiſſance exacte de ſes mouvemens. D'ailleurs, ce dernier genre d'obſervation, comme celui des éclipſes de Soleil & de Lune, exige beaucoup de calculs; il faut employer un grand nombre d'élémens différens. On accumule donc & les erreurs de l'obſervation, & celle des élémens employés, & celle du calcul : on dépend donc de l'expérience & de l'adreſſe du calculateur; on dépend encore de la faveur du ciel, qui ſouvent ſe refuſe à l'aſtronomie. Pour un uſage journalier & de première néceſſité, il falloit une méthode & plus facile, & plus exacte; cette méthode ne pouvoit être que celle des horloges. Le Parlement d'Angleterre en 1714 avoit paſſé un acte par lequel il aſſuroit vingt-mille livres ſterling (*b*) à celui

(*a*) *Suprà*, Tom. I. p. 113, Tom. II. p. 135.

(*b*) Environ 470000 l. de notre monnoie.

qui indiqueroit une méthode pour trouver la longitude sur mer, à un demi-degré près (*a*). Ces récompenses sont magnifiques & comparables à leur objet; si un homme a consumé sa vie à une grande recherche, il obtient un prix digne de ses efforts & de sa noble émulation. Sans doute la gloire est le plus puissant aiguillon; mais si on ose lui associer la fortune, il faut au moins que cette fortune soit considérable, & faite pour paroître à la suite de la gloire (*b*). La difficulté étoit de faire une horloge qui pût marcher régulièrement sur un vaisseau sans cesse agité par les flots. Sully, artiste Anglois, établi à Paris, construisit une montre marine en 1726; cette horloge n'étoit qu'un essai. Harrison son compatriote, simple charpentier d'une province d'Angleterre, mais doué de l'esprit d'invention, s'occupa, dans le même tems, de la même recherche; il y employa quarante années. Les grandes choses ne se font qu'avec le tems; le tems & le génie sont les maîtres du monde, & c'est en laissant mûrir ses pensées, que le génie parvient à les féconder. Le fruit de ces longs travaux, la montre d'Harrison fut éprouvée en 1761 : elle fut embarquée sur un vaisseau qui partoit pour la Jamaïque; la montre rapportée en Angleterre au bout de cent quarante-sept jours, n'avoit varié que d'une minute cinquante-quatre secondes. Un demi-degré répond à deux minutes de tems; l'horloge, sans qu'on y eût touché, & par sa seule régularité, donnoit donc, après cinq mois la longitude à moins d'un demi-degré près, Harrison avoit rempli les conditions, & mérité le prix. Cependant l'épreuve ne parut pas assez complette, on en exigea

(*a*) Philippe III est le premier qui ait proposé des prix pour la longitude. M. de la Lande, Astron. Tome III, p. 773.

(*b*) M. le Duc d'Orléans, Régent de France, avoit promis, dit-on 100000 liv. M. de la Lande Astron. Tom. III. p. 773. Il en est question dans l'Histoire de l'Académie, 1722, p. 102.

une nouvelle : la montre fut reportée en Amérique en 1764, & rapportée en Angleterre après cent cinquante-ſix jours ; elle n'avoit varié, au plus & à la rigueur, que de cinquante-quatre ſecondes. Le Parlement fit donner à Harriſon dix mille livres ſterling, c'eſt-à-dire, la moitié de la récompenſe promiſe ; on remit l'autre au tems où Harriſon auroit rendu l'explication de ſon méchaniſme aſſez ſimple pour que ces horloges puſſent être facilement imitées. Cette condition n'étoit point dans l'acte de 1714 ; mais le beſoin public, qui avoit dicté cet acte, demande que les horloges marines puiſſent devenir vulgaires. Au reſte l'Angleterre, ni l'Europe, ne peuvent refuſer à Harriſon la gloire entière d'une invention, auſſi difficile qu'elle eſt utile & mémorable (*a*). Long-tems avant que la découverte & les principes d'Harriſon euſſent été connus, deux artiſtes célebres, MM. le Roi & Berthoud ſe ſont occupés de l'invention & de la conſtruction des montres marines : M. le Roi a remporté le prix propoſé ſur cet objet par l'Académie des Sciences de Paris ; M. Berthoud, ſans avoir concouru, a obtenu les mêmes ſuccès dans les longues épreuves qui ont été faites ſur mer (*b*). Il réſulte de ces épreuves que les horloges marines de M. Berthoud & de M. le Roi peuvent donner la longitude à moins d'un demi-degré près, dans l'intervalle de ſix ſemaines (*c*).

(*a*) Depuis, on a remis cette montre à M. Maskelyne pour en examiner la marche dans ſon obſervatoire. Il déclare, dans un écrit où il rend compte de cet examen, que la montre ne peut donner que la préciſion d'un degré en ſix ſemaines, & celle d'un demi-degré en quinze jours ; (*V. Principes de la montre* de M. Harriſon. Les épreuves de mer paroiſſoient promettre davantage ; les montres françoiſes ont donné mieux.

(*b*) Celles de M. le Roi ont été éprouvées 1°. dans un voyage en Hollande, fait en 1767 par M. le Marquis de Courtenvaux, ſur une frégate conſtruite à ſes frais ; 2°. dans un voyage fait en 1768 à l'île de St Pierre, près le banc de Terre-Neuve, par M. Caſſini le fils. Celles de M. Berthoud ont été éprouvées dans un voyage fait en 1768 & 1769 par M. de Fleurieu, Capitaine des vaiſſeaux du Roi. Enfin ces différentes horloges, celle de M. Berthoud & celles de M. le Roi ont été éprouvées dans un voyage fait en 1771 en différentes parties du monde par MM. de Verdun de la Crene, le Chevalier de Borda & Pingré.

(*c*) Voyages de MM. de Verdun, de Borda & Pingré, Tome II, p. 373 & ſuiv.

Plusieurs de ces horloges ont donné beaucoup mieux, même dans un intervalle plus long; mais dans cette estimation des erreurs possibles, nous avons moins en vue ce qu'on a obtenu dans certaines circonstances, que ce dont on peut être sûr dans tous les cas. Nos artistes ont donc atteint le même but qu'Harrison avec leurs principes, avec leurs propres moyens, & sans avoir connu les siens. Harrison, justement célebre, est le premier qui ait publié cette grande découverte; ses rivaux ne peuvent lui contester la priorité & les honneurs qui y sont attachés: mais ils ont, comme lui, le mérite de l'invention, & ils auront, comme lui, l'avantage d'être utiles à leur patrie & à l'Europe.

Mais quelle que soit l'utilité de ces horloges, il faut en user avec prudence, & ne les pas regarder comme un moyen unique: il peut arriver des accidens qui dérangent ces machines; d'ailleurs celles qui sont construites avec le plus de soin, qui sont les plus sûres par leurs principes, sont toujours sujettes à quelque irrégularité dans leur marche. Ces irrégularités s'accumulent avec le tems, & peuvent produire des erreurs plus ou moins considérables. La sûreté des vaisseaux & des équipages demande que l'on emploie & les horloges, & les méthodes astronomiques; celles-ci, pour les voyages de long cours; celles-là, pour les petites traversées & pour les détails de la route. Les observations fixeront des époques dans la durée d'un grand voyage, & elles veilleront sur la fidélité des horloges.

On doit encore aux Anglois les instrumens propres à observer sur mer, tels que le quartier anglois & l'octant inventé par Hadley (a). Ces instrumens, sur-tout le dernier, sont excel-

(a) Il paroît que Newton avoit eu l'idée de cet instrument. On a trouvé à la mort

lens; ils servent à prendre les hauteurs des astres. L'observateur, placé sur un sol toujours agité, doit employer d'autres méthodes que celles dont il se sert dans un observatoire, & lorsque son pied repose sur le sol même de la terre : ici obligé, pour trouver l'équilibre, de se mouvoir lui-même sans cesse avec le vaisseau balancé, l'astre & l'horizon lui échappent sans cesse; il perdroit l'un en cherchant l'autre. Le principe de ces instrumens est de montrer à la fois l'astre & l'horizon, de réunir leurs images ou directes, ou réfléchies; alors la hauteur de l'astre est mesurée sur l'instrument par l'angle que forment le rayon de lumière venu de l'astre, & le rayon visuel, toujours dirigé à l'horizon; cette coincidence de l'image de l'astre, ramenée à l'horizon, avec l'horizon même, est plus aisée à déterminer exactement. On peut la chercher, on peut s'y reprendre, jusqu'à ce qu'on l'ait trouvée; & lorsqu'une fois elle est atteinte, l'alidade marque la hauteur de l'astre sur le limbe de l'instrument. Ces inventions utiles à la navigation & au commerce, devoient naître en Angleterre; c'est le besoin & l'industrie qui produisent les efforts heureux : rien n'a manqué aux Anglois, ni le besoin qui sollicite, ni le génie qui accorde; aussi ont-ils porté au plus haut degré l'art de la navigation.

Si la perfection des instrumens pour mesurer le tems & l'espace, est un des moyens de l'Astronomie, elle s'enrichit encore des progrès de la science de l'optique, qui prolonge notre vue, ou la rend plus distincte; science, qui, soit qu'elle

de Halley un dessein, un papier de Newton, qui renfermoit le projet d'un instrument pour mesurer sur mer la distance de la lune aux étoiles; c'est un miroir placé devant la lunette, & incliné de quarante-cinq degrés à son axe : une alidade porte un autre miroir; on fait coincider l'image directe d'un des astres avec l'image réfléchie de l'autre (*Transactions philosophiques* 1742, n°. 465.)

étende la ſphère de cet organe, ſoit que dans la même ſphère elle lui donne une plus grande puiſſance, rapproche les objets, ou nous les ſoumet davantage, & nous met à portée de les détailler & de les connoître. Les lunettes, cette magnifique invention du ſiecle dernier, avoit tout à coup été portée à ſa perfection : Campani a fait les verres les plus forts que l'art ait encore entrepris ; ces verres forts exigent de longues lunettes dont l'uſage eſt embarraſſant. On ne pourroit produire le même effet ſur des objectifs d'un foyer plus court, qu'en employant des oculaires ou des microſcopes plus puiſſans; alors la lumière s'affoiblit ou s'éteint. Si l'on augmente les ouvertures pour laiſſer paſſer plus de lumière, l'effet du priſme ſe montre, les images ſe colorent, deviennent confuſes. Cette aberration qui naît de la différente réfrangibilité des rayons diverſement colorés, a paru une difficulté & une barrière inſurmontable à Newton lui-même : il ne ſe heurta point contre l'obſtacle qu'il crut éternel, & il inventa le téleſcope de réflexion (*a*). Mais lorſqu'on a voulu faire uſage de verres & de lunettes fondés ſur la réfraction des rayons, il a fallu ſe déterminer à établir des proportions entre les ouvertures des lunettes, le groſſiſſement des microſcopes ou oculaires, la longueur des tubes ; ces proportions étoient les limites de l'art.

Les choſes en ſont reſtées à ce point juſqu'en 1747, que M. Euler fit une application heureuſe de la géométrie à la phyſique, en imaginant de compoſer des objectifs de deux lentilles de verre, qui renfermoient de l'eau entr'elles (*b*) ; les rayons de lumière devoient donc paſſer à travers deux matières différentes, le verre & l'eau. La réfringence de ces matières n'eſt pas la même ;

(*a*) *Suprà*, Tome II, p. 99, 254, 568.

(*b*) Hook eut auſſi l'idée d'introduire des liqueurs dans les objectifs, mais dans des vues différentes ; c'étoit pour alonger le foyer.

Suprà Tome II, p. 256.

M. Euler ſuppoſa qu'elles n'avoient pas non plus la même puiſſance pour décompoſer le rayon & ſéparer les couleurs. En oppoſant ces effets, on pouvoit les détruire l'un par l'autre; on pouvoit rendre au rayon coloré ce mélange exact, cette union qui fait la blancheur de la lumière. M. Euler y parvint au moyen d'une hypothèſe, ſur les qualités réfringentes des matières, relativement aux couleurs; & il en déduiſit, par une analyſe ingénieuſe, les courbures que l'on devoit donner aux verres, & les dimenſions des téleſcopes. M. Dollond, ſavant opticien Anglois, homme de génie, s'empara de ces formules, y appliqua les loix de la réfraction, telles que Newton les avoit données, & il en tira une conſéquence fâcheuſe pour cette grande & intéreſſante découverte, c'eſt que la réunion des rayons de différentes couleurs ne devoit ſe faire qu'à une diſtance infinie (*a*). L'expérience de Newton montroit qu'on ne pouvoit détruire la diſperſion des rayons qu'en détruiſant la réfraction même, & dans le cas où les rayons, après avoir traverſé les deux matières, en ſortiroient comme ils étoient entrés : l'effet des courbures, qui tend à les raſſembler, devenoit nul; étant entrés paralleles, ils ſortoient paralleles, & ne pouvoient jamais ſe réunir. Voilà pourquoi la géométrie aſſignoit leur réunion à une diſtance infinie & inacceſſible; ainſi toute la théorie de M. Euler étoit ſans uſage. Ce grand Géometre oppoſoit une excellente raiſon métaphyſique, une raiſon qui même l'avoit conduit à ces eſſais (*b*); c'eſt que notre œil eſt compoſé de matières différemment réfringentes, & que l'aberration n'y a pas lieu, quoique les images aggrandies ſoient reçues au fond de l'œil à une très-petite diſtance. Une ſeule humeur auroit ſuffi à la repréſentation de l'objet; s'il y

(*a*) Tranſ. philoſ. 1753, p. 289.

(*b*) Mém. Acad. Berlin, Tome III.

en a plusieurs, c'est sans doute pour remédier à la dispersion des couleurs. Ce que la nature a fait dans les télescopes qu'elle a donnés à l'homme, l'art peut l'imiter; il doit être possible d'anéantir l'effet de la diverse réfrangibilité des rayons par un juste arrangement de plusieurs milieux transparens (*a*). Ce raisonnement étoit spécieux; mais comment détruire une expérience par un raisonnement ? M. Dollond opposoit toujours le nom & l'autorité de Newton.

Ces difficultés avoient tout arrêté jusqu'en 1755, que M. Klingentierna, Géometre Suédois, écrivit à M. Dollond; il lui donna des raisons si fortes de douter de l'expérience de Newton, que M. Dollond la recommença & fut bien étonné de la trouver fausse. En regardant les objets à travers un prisme formé de verre & d'eau, & dont les dimensions soient propres à détruire l'effet de la réfraction, ces objets doivent paroître à la même hauteur, &, selon Newton, ils devoient être sans couleurs. M. Dollond les trouva colorés : le prisme, qui n'altéroit point la situation & la hauteur, laissoit voir les couleurs; un autre prisme combiné pour détruire les couleurs, changeoit la situation & la hauteur. La réfringence agissoit donc différemment sur les rayons colorés, & sur le rayon composé qui forme la lumière blanche; on pouvoit donc détruire la réfrangibilité sans détruire la réfraction. M. Dollond reprit la théorie de M. Euler; mais en employant les objectifs de verre & d'eau, il découvrit un nouvel inconvénient, c'est qu'il falloit donner au verre des courbures si considérables, qu'elles produisoient une très-grande aberration de sphéricité (*b*). Cet inconvénient sembloit devoir faire abandonner une seconde fois l'invention de M. Euler; mais ce sont les difficultés qui nous font connoître

(*a*) Transact. Phil. 1753. p. 293.

(*b*) *Suprà*, Tome II, p. 199 & 253.

nos forces. M. Dollond conçut l'idée heureuſe de n'employer que des verres de réfringence différente; il en choiſit deux, le verre nommé crown-glass, qui eſt en tout ſemblable à celui de nos manufactures, & le flint-glass, qui eſt un verre plus compoſé, où il entre du plomb, & qui ayant plus de poids & de denſité, a plus de pouvoir réfringent. On peut oppoſer ces verres l'un à l'autre, & faire diſparoître les couleurs, en conſervant la différence de leurs réfractions.

M. Dollond, aidé des connoiſſances de la théorie, & en tâtonnant dans la pratique par différens eſſais, réuſſit à détruire ſenſiblement l'aberration de la réfrangibilité. L'obſtacle, qui arrêta Newton, n'exiſte plus; la lumière, qui paſſe dans nos téleſcopes, arrive à notre œil ſans couleurs ſenſibles. On eſt débarraſſé de ces iris incommodes, qui empêchoient de multiplier la lumière: avec une ouverture & une lumière augmentées, on peut employer des oculaires ou des microſcopes plus puiſſans; comme les verres ſont plus parfaits, comme la réunion des rayons eſt plus exacte, on peut groſſir beaucoup l'image des objets, ſans craindre d'amplifier les défauts. M. Dollond conſtruiſit en conſéquence des lunettes de cinq pieds, qui faiſoient autant d'effet que des lunettes de quinze; ces verres, ces lunettes furent nommées achromatiques (*a*). C'eſt alors, & en 1761, que M. Clairaut y appliqua le calcul, & déduiſit de la différente réfringence des deux verres, quelles doivent être les courbures de ces verres pour détruire l'aberration de réfrangibilité. M. d'Alembert s'en occupa de ſon côté, & ces progrès de l'optique donnerent les plus grandes eſpérances. M. Antheaume, Phyſicien déjà connu, travailla lui-même un objectif de ſept pieds, qui faiſoit plus d'effet que celui de trente-quatre pieds

(*a*) χρῶμα en grec ſignifie *couleur*, & précédé de l'α privatif, il ſignifie *ſans couleur*.

de Campani. M. Dollond le fils, en 1765, perfectionna encore l'invention de ſon pere, en combinant deux lentilles concaves de crown-glass avec une ſeule convexe de flint-glass; l'aberration de ſphéricité mieux détruite par cette addition d'une troiſieme lentille, lui permit de donner des ouvertures plus grandes à ſes lunettes. Il en fit une de cinq pieds de cette eſpece, c'eſt-à-dire, ave cun objectif composé de trois lentilles, qui portoit trois pouces neuf lignes d'ouverture; puis enfin une autre de trois pieds, qui avoit une ouverture égale *(a)*. Cette courte lunette faiſoit à peu-près l'effet d'une de quarante ou quarante-cinq pieds conſtruite ſur les anciens principes. Enfin M. Jeaurat a fait un travail utile pour les artiſtes: par le moyen de deux morceaux, l'un de verre commun, l'autre de flint-glass, collés enſemble & travaillés dans le même baſſin, il a pu meſurer la réfraction de ces matières par la différence des foyers; enſuite en interpoſant tantôt un verre rouge tantôt un verre violet, il a pu déterminer les foyers de ces différentes couleurs, & connoître par conſéquent leur diſperſion. Avec ces données, & par le calcul trigonométrique, il a trouvé les courbures qu'il falloit donner aux différens verres, & il en a dreſſé des Tables qui peuvent ſervir de guide aux opticiens.

Un champ vaſte ſembloit s'offrir aux progrès de l'art; on croyoit alors qu'une lunette de ſix ou ſept pieds égaleroit ces grands objectifs de cent & de cent vingt pieds, ſi incommodes dans l'uſage, qui oppoſoient tant de difficultés & de fatigues aux recherches de la curioſité. L'eſpérance alloit même plus loin: ces verres de cent pieds ne groſſiſſoient peut-être que deux ou trois cent fois les objets, & puiſqu'on étoit libre d'ag-

(a) Tranſac. philoſ. 1765, p. 55.

grandir les ouvertures, l'art pouvoit parvenir à tailler un objectif d'un pied de diametre, qui avec un foyer de douze à quinze pieds, auroit pu grossir six cent fois & plus. Savoit-on même tout ce qu'on pouvoit faire? L'esprit humain arrivé à sa perfection actuelle, en ajoutant des moyens à des moyens, des progrès à des progrès, ne s'impose point de bornes à lui-même, il attend celles de la nature, qu'il ne rencontre que trop souvent. On espéroit que ces nouveaux instrumens découvriroient un ciel nouveau : on devoit voir infiniment mieux les astres que nous connoissons ; d'ailleurs l'univers peut avoir d'autres astres, qui, comme les satellites de Jupiter & de Saturne, long-tems inconnus, n'attendent, pour se montrer, que des organes assez fins & assez puissans pour les atteindre; cette espérance flatteuse a été trompée. MM. Dollond joignent jusqu'ici à la gloire de l'invention celle d'avoir atteint tout d'un coup les limites de l'art. Ces progrès si heureux, si étonnans, n'ont point été suivis des progrès qu'ils sembloient annonçer; il n'en a résulté pour les Astronômes que la commodité de substituer, sans rien perdre sur l'effet, une courte lunette à une lunette longue & incommode. L'obstacle, qui a arrêté tant de progrès, est la difficulté d'avoir du flint-glass qui soit propre à cet usage. Il faut qu'il soit d'une transparence parfaite, & partout égale; cette transparence dépend du mélange intime des matières qui le composent, & ce mélange paroît très-difficile à obtenir. Un particulier (*a*) zélé pour les arts, a proposé un prix au jugement de l'Académie des sciences, pour celui qui réussiroit à faire de cette espece de verre. Une des pieces du concours a été couronnée ; cependant nous n'avons point encore de flint-glass. Il paroit même que les Anglois

(*a*) Feu M. Trudaine de Montigny.

n'en ont guères d'excellent que par hasard. C'est dans plusieurs tables de ce verre, & encore à peine dans une de ces tables, que l'on peut choisir & couper un petit morceau pour en faire un objectif d'une médiocre étendue. On conçoit combien les opticiens doivent être gênés dans leurs efforts. Il faudroit pour la composition de ce verre, une recette sûre, facile, qui pût réussir en grand, & toujours. C'est ici la chimie qui manque à l'optique & à l'Astronomie; cette science est si cultivée aujourd'hui, qu'elle aura sans doute des progrès pour satisfaire à ce qu'on lui demande. La matière est assez importante pour mériter un prix considérable; c'est aux nations, aux Princes, aux amateurs riches à le proposer. Il ne s'agit pas moins que d'augmenter, presque à volonté, la sphère d'un de nos sens, d'étendre notre empire sur la nature; & peut-être de faire paroître à nos yeux des choses & des phénomènes inconnus depuis l'existence du monde. Les richesses seront noblement employées à acquérir ce pouvoir sur la nature; l'argent ne sert au riche qu'à acheter des jouissances passagères, celle que nous indiquons lui sera commune avec la postérité. Le ciel dont il aura reculé les limites, le ciel où il aura lu, restera ouvert, pour que les générations y lisent; au lieu du luxe périssable dont il s'entoure, il laissera un héritage éternel & un monument de gloire pour l'espece humaine.

Voilà ce qu'on a fait pour mesurer le tems à la mer, pour chercher à étendre la vue dans l'espace; mais les moyens de mesurer l'espace même, & jusques dans ses plus petites parties, ont reçu de nos jours une grande perfection. Les instrumens ont été revêtus de toutes les commodités, qui facilitent l'observation; l'art de les diviser a été porté au plus haut degré. Nous ne parlons point de chacun de ces progrès en particulier, mais nous devons présenter une idée de deux instrumens ingé-

nieux, dont l'un a déjà donné des moyens à l'Astronomie, & l'autre lui donne des espérances ; le premier est l'héliomètre de M. Bouguer, & le second le micromètre de M. l'abbé Rochon. M. Bouguer porta souvent dans la pratique des observations le génie qu'il avoit pour les expériences nouvelles ; il inventa l'héliomètre pour mesurer le diametre du soleil. Dans le méridien, où cet astre cesse de s'élever, le micromètre ordinaire avec ses fils mobiles, peut saisir facilement les deux extrémités du diametre vertical ; mais il n'en est pas de même du diametre horizontal. Le soleil passe dans la lunette avec assez de vîtesse ; le fil qu'on a placé sur un bord, n'y est déjà plus, lorsqu'on pose le second fil sur l'autre bord. M. Bouguer vouloit cependant mesurer le diametre horizontal, pour le comparer au diametre vertical, & pour décider si le soleil avoit un applatissement sensible (*a*). Il opposoit toujours un moyen à une difficulté ; voici ce qu'il imagina en 1748 (*b*). Jadis on avoit un instrument appelé binocle, l'instrument des deux yeux, parce que deux lunettes placées à côté l'une de l'autre, permettoient de considérer le même objet des deux yeux (*c*). Cette idée conduisit M. Bouguer à celle d'un instrument d'une espece bien différente ; il lui donna deux objectifs placés près l'un de l'autre dans un même tuyau. Avec un seul oculaire, l'œil pouvoit regarder la double image formée aux foyers de ces objectifs ; les deux images sont vues à côté l'une de l'autre & éloignées entr'elles de la même distance que les centres ou les points milieux des objectifs. Si cette distance forme, par exemple, au foyer un angle de trente minutes, à peu-près égale au diametre du soleil, on verra deux disques de

(*a*) *Suprà*, p. 55.

(*b*) Mém. Acad. des Sci. 1748, p. 11.

(*c*) *Suprà* Astron. moderne, Tome II, p. 139.

cet aſtre qui ſe toucheront, lorſque le diametre ſera préciſément de trente minutes. Lorſque le diametre ſera plus grand, les images anticiperont un peu l'une ſur l'autre; lorſqu'il ſera plus petit, elles ſeront un peu ſéparées. En rendant les objectifs mobiles, capables de s'approcher, de s'éloigner mutuellement, on pourra rapprocher ou éloigner également les images & les diſpoſer de manière qu'elles ſe touchent exactement. On ſent que la diſtance des objectifs & la quantité du mouvement qu'on leur donne, peuvent être marquées par un index, ou meſurées par un micrometre ordinaire; mais cette diſtance eſt la même que celle des centres des deux images, qui eſt égale au diametre du ſoleil. Cette meſure, objet principal de l'inſtrument, lui a fait donner le nom d'héliometre. Remarquons qu'ici le point eſſentiel de l'obſervation eſt l'attouchement des deux images; cet attouchement a lieu entre un bord du ſoleil, l'oriental, par exemple, & le bord oppoſé, ou l'occidental. Il n'eſt donc néceſſaire que de voir à la fois les deux extrémités du diametre; toute la partie intermédiaire eſt inutile. Jadis on ne pouvoit employer ni de forts objectifs, ni de longues lunettes pour cette obſervation des diametres. La néceſſité de voir tout le diſque du ſoleil forçoit de renoncer à une certaine préciſion; une lunette qui groſſiſſoit beaucoup, ne pouvoit le contenir entier. L'héliometre peut être formé des verres les plus forts, ce dont on a beſoin viendra toujours s'y peindre; les deux objectifs vont chercher les extrémités oppoſées du diametre ſolaire, pour les ramener & les forcer de ſe toucher au centre de la lunette. On voit qu'il ne faut pas beaucoup d'eſpace pour cet attouchement: on peut avoir la préciſion qu'on voudra; il ne s'agit que d'employer des objectifs d'un foyer plus long, & d'augmenter le groſſiſſement. En rendant les objectifs tout-à-fait mobiles, on peut meſurer les médiocres

diſtances des étoiles entr'elles & au bord de la Lune, les diſtances des ſatellites de Jupiter & de Saturne à leur planete principale, &c.; nous expliquerons bientôt cet uſage. MM Short & Dollond conſtruiſirent cet inſtrument, & en attribuerent l'invention à M. Savery; on voit en effet par les regiſtres de la Société royale de Londres, qu'à la date du 27 Octobre 1743, M. Savery avoit eu l'idée de l'héliometre (*a*). Mais cette idée, qui étoit reſtée ſans exécution, n'ôte rien à l'invention de M. Bouguer (*b*) : c'eſt lui qui en a ſenti l'utilité; c'eſt lui qui a fait reſſouvenir de Savery. Il en a été de même du micrometre d'Auzout, comme l'a remarqué M. de la Lande (*c*). M. Dollond fit quelque choſe de plus utile que de revendiquer l'invention de l'héliometre, il le perfectionna ſous le nom de micrometre objectif (*d*) : il ôta à l'inſtrument le privilége de former une double image d'un même objet, en lui conſervant celui de réunir les images différentes de deux objets; il le compoſa de deux moitiés d'objectifs parfaitement ſemblables, & qui avoient un même foyer. Elles étoient capables de ſe joindre contiguëment pour former un objectif entier, ou de s'éloigner juſqu'à une médiocre diſtance. Quand elles ſont jointes, elles donnent une ſeule image d'un objet comme un objectif ordinaire; mais ſi ces deux moitiés mobiles ſont écartées d'une quantité égale à la diſtance de deux objets, ces deux objets ſe peindront au même point, & leurs images

(*a*) Tranſactions philoſ. Tome XLVIII, p. 551.

(*b*) On trouve encore dans les tranſactions philoſophiques une annonce du docteur Hook, où il dit qu'il a deux ou trois différentes manières de meſurer les diametres des planetes à la préciſion d'une ſeconde, ainſi que les diſtances des étoiles & des planetes entr'elles, pourvu que ces diſtances n'excedent pas deux degrés (*Tranſ.* 1667, n°. 25). L'inſtrument de M. Bouguer remplit cette annonce, & eſt ſujet à cette limitation; mais ce paſſage ne renferme rien qui puiſſe diriger les idées & conduire à l'invention.

(*c*) Aſtron. Tome II, p. 813.

(*d*) Tranſ. philoſ. Tome XLVIII. Ire. P. p. 178; IIe. P. p. 551.

seront confondues en une seule. Lorsqu'avec le micrometre objectif, on veut donc mesurer la distance des deux bords du Soleil, celle de deux étoiles, ou celle d'un satellite au bord de Jupiter, on fait mouvoir les deux moitiés d'objectifs, jusqu'à ce qu'on voie au centre de la lunette les deux bords du Soleil se toucher, les deux étoiles se poser l'une sur l'autre, & le satellite adhérer au bord de Jupiter. Alors l'écartement des objectifs, mesuré par un micrometre ordinaire, donne la distance des deux objets. Cet instrument est borné à de petites distances, comme de trois à quatre degrés au plus, & la raison en est simple; lorsque les objectifs s'écartent trop dans la raînure circulaire qui leur est pratiquée, ils se présentent obliquement aux rayons, qui se réunissent mal & confusément au foyer. Il en résulteroit une déformation semblable à celle qui auroit lieu, si l'étendue des objectifs embrassoit une courbure du même nombre de degrés; ce seroit une véritable aberration de sphéricité (*a*). Mais l'instrument ainsi limité, & tel qu'il a été inventé par M. Bouguer, ou perfectionné par M. Dollond, est capable de donner une mesure très-exacte des petites distances; c'est un de ces présens que les siecles & le génie font aux sciences pour accélérer leurs progrès.

Le micrometre de M. l'abbé Rochon est fondé sur une application ingénieuse. Le cristal d'Islande, & même le cristal de roche (*b*), par une bizarrerie encore inexplicable, ont la propriété singulière de décomposer le rayon lumineux, & de donner deux images d'un même objet. M. l'abbé Rochon a formé deux prismes semblables de ce cristal; ils lui servent à doubler la distance des deux images, ou à la détruire. En effet

(*a*) *Suprà*, Tome II. pages 669, & 255.

(*b*) M. l'abbé Rochon a reconnu que beaucoup d'autres substances transparentes avoient également, dans certaines circonstances, cette propriété remarquable.

lorſque les deux priſmes égaux ſont accolés, de manière que leurs ſommets ſe touchent, le rayon de lumière qui les traverſe ſouffre ſucceſſivement deux réfractions pareilles, & les deux images paroiſſent à une diſtance double. Quand au contraire les deux priſmes ſont oppoſés, que le ſommet de l'un touche à la baſe de l'autre, les effets ſont également oppoſés; la réfraction de l'un eſt détruite par la réfraction de l'autre; le rayon n'eſt plus décompoſé, & l'on ne voit qu'une image. Pour opérer ce changement, il ſuffit de faire mouvoir circulairement un priſme ſur l'autre, qui parcourra le demi-cercle entier, ou 180°, pour paſſer d'une réfraction double à une réfraction nulle. On conçoit qu'à meſure que le priſme parcourt ces 180°, la réfraction diminue graduellement avant de s'anéantir; cette diminution ſuit la raiſon des co-ſinus des angles depuis 0 juſqu'à 180 degrés. Cette double réfraction eſt d'environ dix-huit minutes (*a*). M. l'abbé Rochon a imaginé qu'elle pourroit ſervir à meſurer les diſtances reſpectives des aſtres, qui ſeroient au-deſſous de dix-huit minutes. Voici comment on peut concevoir ſa méthode : ſuppoſons que les deux priſmes ſoient accolés, de manière que leurs ſommets ſoient joints, ainſi que leurs baſes, ils donneront une réfraction double; une étoile, un objet vu à travers, offrira deux images éloignées l'une de l'autre de dix-huit minutes. Suppoſons qu'à côté de la première étoile il y en ait une ſeconde, à une diſtance que l'on veut meſurer, mais que nous évaluerons d'avance à $4'\frac{1}{2}$, cette ſeconde étoile aura auſſi ſa double image. On verra donc quatre étoiles, ſavoir, la première, puis la

---

(*a*) M. l'abbé Rochon avoit trouvé cette quantité de dix-huit minutes par ſes premiers Eſſais : il a trouvé qu'elle varie, & ſuivant les ſubſtances, comme cela eſt naturel, & ſuivant l'angle du priſme qui en eſt formé. L'écartement des deux images peut même ſurpaſſer un degré.

ſeconde éloignée de $4'\frac{1}{2}$, puis la double image de la première, éloignée de $18'$, puis enfin la double image de la ſeconde étoile, éloignée de l'autre de $18'$, mais éloignée de $22'\frac{1}{2}$ de la première étoile. Alors ſi l'on fait mouvoir circulairement le priſme, comme la réfraction diminue en conſéquence, chaque double image ſe rapprochera de ſa compagne; celle de la premiere étoile, d'abord éloignée de $18'$, ne le ſera plus ſucceſſivement que de quinze, de douze, de neuf. On voit qu'elle ſe rapproche toujours de l'image de la ſeconde étoile, qui n'eſt éloignée que de $4'\frac{1}{2}$; & lorſque le priſme aura parcouru 120°, n'étant plus éloignée que de $4'\frac{1}{2}$, elle ſe confondra avec l'image de la ſeconde étoile, & l'on ne verra plus que trois images. A ce moment l'obſervation eſt faite; ſi nous avions ignoré la diſtance des deux étoiles, voici comment nous aurions raiſonné. Le priſme a parcouru 120°, c'eſt-à-dire, les deux tiers du demi-cercle, la réfraction, ſuivant la raiſon des co ſinus, a dû perdre les trois quarts de ſa quantité : elle eſt donc réduite de $18'$ à $4\frac{1}{2}$; & comme alors la double image de la première étoile s'eſt confondue avec l'image de la ſeconde, ce qui reſte de la réfraction, ce qui reſte de chemin à cette double image pour ſe rejoindre à ſa compagne, eſt la diſtance mutuelle de ces deux étoiles.

Nous n'avons parlé que de deux images pour chaque objet; il y en a réellement quatre, parce que chacun des priſmes accolés en donne deux: mais on n'en doit conſidérer que deux, & les deux autres ne ſont utiles que pour ſervir de vérification. Cependant ces huit images pour deux objets, cauſent quelque embarras, & pourroient faire confuſion. M. l'abbé Rochon a imaginé une autre diſpoſition, qui n'a pas le même inconvénient. Il place dans l'intérieur d'une lunette un priſme formé d'une des ſubſtances capables de décompoſer le rayon lumi-

neux, & de produire deux images dont l'écartement, toujours constant, est connu par l'expérience; nous le supposons encore de 18′: ce prisme, au moyen d'un méchanisme facile à imaginer, peut se mouvoir le long de l'axe de la lunette, depuis l'objectif jusqu'à l'oculaire. Cela posé, on conçoit que, comme le rayon ne se partage en deux, pour former deux images, qu'au sortir du prisme, l'écartement de ces deux images sera d'autant plus grand, qu'on le considérera à une plus grande distance du prisme; en sorte que si ce prisme est appliqué contre l'objectif, l'œil placé à l'oculaire verra les deux images fort éloignées. Mais si on amene le prisme près de l'oculaire, l'œil recevra le rayon au moment de sa sortie, au moment où il se divise pour former deux images; & comme leur écartement est encore insensible, il n'en verra qu'une. Dans le premier cas, les images paroissent à une distance mesurée par un angle de 18′: dans le second, elles se confondent; & ce changement est produit par la marche du prisme le long de l'axe de la lunette, qui peut être longue de dix-huit pieds. Il faudra donc faire mouvoir le prisme d'un pied pour changer la réfraction d'une minute. Comme il n'y a qu'un prisme, chaque objet n'aura que deux images: deux objets en produiront quatre; & lorsque, par une opération semblable à la précédente, on aura réduit ces quatre images à trois, le micrometre destiné à mesurer le mouvement du prisme dans la lunette, mesurera aussi l'écartement des images, & la distance des deux objets qu'on a rendue égale à cet écartement. M. l'abbé Rochon a fait usage de cet instrument pour mesurer les diametres des petites planetes, les distances des satellites aux bords du disque de Jupiter ou de Saturne; on en trouvera les détails dans les Mémoires de l'Académie. Mais on voit qu'une petite distance est mesurée par un grand mouvement

du

du priſme ; les plus petites parties de cette diſtance répondent donc à des eſpaces très-ſenſibles de ce mouvement, & peuvent être meſurées avec exactitude. M. l'abbé Rochon a imaginé des diſpoſitions encore plus avantageuſes. L'écartement des images dépend de l'angle du priſme ; il eſt le maître de réduire cet écartement à une minute : & ſi le priſme eſt appliqué à une lunette de vingt pieds, il faudra qu'il parcoure ces vingt pieds pour que les deux images éloignées d'une minute viennent à ſe confondre ; un eſpace de quatre pouces ſera parcouru pour un changement d'une ſeconde. Cette diſpoſition a été deſtinée à la détermination du diametre des petites planetes ; & il eſt facile de voir que cet inſtrument, borné à de petites diſtances, doit les meſurer avec une préciſion plus grande que l'héliomètre de M. Bouguer.

On a inventé, depuis peu d'années, une lunette à double image, qui paroît offrir des avantages pour l'obſervation. M. Jeaurat a penſé que ſi l'on pouvoit faire une lunette qui donnât deux images, l'une droite & l'autre renverſée, on pourroit obſerver directement l'inſtant où le centre d'une planete paſſe au méridien ou au fil horaire ; il a communiqué ſon idée à M. Navarre, opticien connu, qui a imaginé la conſtruction ſuivante. L'objectif de cette lunette eſt compoſé de deux parties contiguës ; l'une, qui eſt comme un objectif d'un moindre diametre ; l'autre, formée en zone circulaire, entoure ce premier objectif. Les ſurfaces de ce premier objectif & de cette zone ont des courbures particulières & des foyers différens : la zone a un foyer plus long où ſe peint une image renverſée ; l'objectif intérieur a un foyer plus court, mais on place ſur la route des rayons un ſecond verre qui les redreſſe & les réunit au foyer même de la zone. Alors il s'y peint en même tems une image droite & une image renver-

ſée du même objet. Si, par exemple, on obſerve le ſoleil avec cette lunette, on voit entrer à la fois deux images de cet aſtre, l'une par la droite, l'autre par la gauche. Elles s'avancent l'une vers l'autre avec une double vîteſſe; l'attouchement qui ſe fait au centre eſt d'autant plus prompt. L'inſtant du paſſage de l'aſtre au centre de la lunette eſt l'inſtant où les deux images ſont entiérement l'une ſur l'autre; & ſi l'axe de la lunette eſt préciſément dans le méridien, on obſervera directement le paſſage du centre, ce qui n'a jamais été fait. Lorſque l'aſtre obſervé eſt une étoile, on eſt diſpenſé d'éclairer les fils, parce qu'il ne s'agit que de ſaiſir l'inſtant où les deux images de l'étoile ſont préciſément l'une ſur l'autre

Après avoir raconté ces découvertes & ces inventions, nous devons conſidérer une partie de l'Aſtronomie, qui demande les travaux conſtans des Aſtronômes : c'eſt la connoiſſance des moyens mouvemens des aſtres, & celle de la poſition & des dimenſions des orbites; c'eſt cette partie qui ſans ceſſe eſt recommencée, & toujours pour ſe perfectionner. La détermination de pluſieurs de ces élémens eſt difficile. L'exactitude dépend d'une longue ſuite de recherches; chaque ſiecle doit les renouveler pour y employer les nouveaux moyens de perfection: pluſieurs de ces élémens changent; il faut apprécier ces changemens & en tenir compte. Cette partie fondamentale de l'Aſtronome a été cultivée avec zele dans l'intervalle que nous venons de parcourir.

Les théories de toutes les planetes ont été fixées & renouvelées en Europe, il y a un ſiecle, par Dominique Caſſini & par Halley, comme elles l'avoient été jadis en Egypte par Hypparque & par Ptolémée; mais le tems avoit déjà ôté aux modernes quelque choſe de la perfection que les anciens ont entiérement perdue. M. de la Caille établit de nouveau la

théorie du soleil la base de toutes les autres. MM. Cassini, de Lisle, le Monnier, le Gentil, Short, de la Lande s'appliquerent à mesurer son diametre. MM. Cassini, Mayer & de la Lande déterminerent les phénomènes de la rotation du globe du Soleil & du globe lunaire. En attendant de bonnes Tables de la lune, M. le Monnier observoit cette planete dans la durée d'une sare chaldaïque, suivant les idées de Halley, pour constater les erreurs des Tables & pouvoir les prédire dans les périodes suivantes (*a*). Aujourd'hui les tables de la Lune sont assez bonnes pour abandonner cette période dont M. le Gentil a montré l'insuffisance (*b*). La théorie de Saturne a été perfectionnée par MM. Cassini, le Monnier, de la Lande; celle de Jupiter par MM. le Gentil, Jeaurat, Wargentin & Bailly. M. de la Lande a corrigé particuliérement les Tables de Mars, de Vénus & de Mercure; & sur-tout les dernières, celles de Mercure, qui ayant pour objet une planete difficile à voir, étoient fondées sur un trop petit nombre d'observations. Enfin les lieux des étoiles, qui étant toujours les mêmes, semblent plus faciles à déterminer, ont cependant besoin d'être rectifiés, lorsque les moyens d'observer se perfectionnent; MM. Cassini Maraldi, Zanotti, le Monnier, Mayer s'en sont occupés : mais sur-tout M. de la Caille, qui a déterminé avec des soins extrêmes la position des plus belles étoiles du ciel; M. de la Caille, qui sentoit que le grand Catalogue de Flamsteed étoit aujourd'hui trop peu exact & trop peu étendu, & qui, si la mort ne l'eût pas enlevé, se proposoit de faire pour le ciel boréal ce qu'il avoit fait au cap de Bonne-Espérance pour le ciel austral. M. le Monnier suit encore cet objet important;

(*a*) *Suprà*, Tome II. p. 635. Trans. philos. 1692, n°. 194.

(*b*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1756, p. 55.

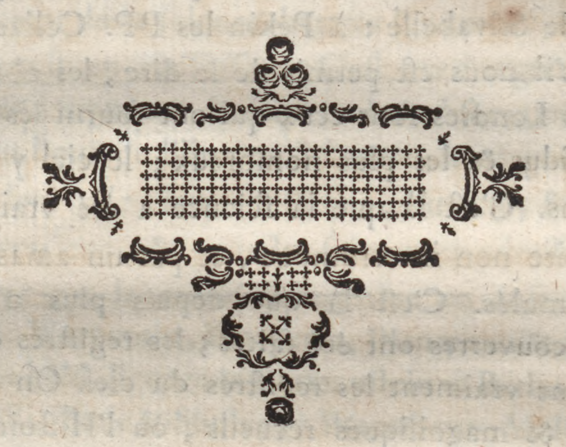
ſes obſervations, ou publiées, ou manuſcrites, contiennent la poſition d'un grand nombre d'étoiles. Le peu que nous venons de dire appartient à une multitude de travaux : nous regrettons de ne pouvoir en rapporter les détails ; le ſujet fournit ſans ceſſe, & l'eſpace nous manque. Au reſte les Aſtronômes connoiſſent aſſez ces détails, & l'homme ſeulement curieux, qui lit cette Hiſtoire, n'a beſoin que de voir les faits en maſſe.

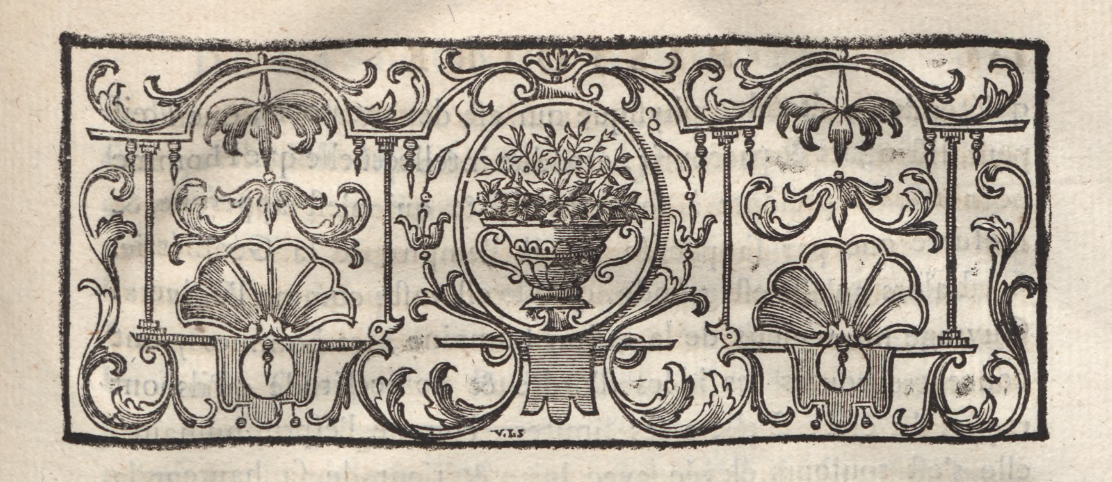
Tandis que ces travaux s'exécutoient dans le cabinet, les obſervatoires fourniſſoient ſans ceſſe de nouvelles obſervations ; elles ſont l'aliment de la ſcience, le tems les amene, & la ſcience croît & s'affermit en vieilliſſant. C'eſt avec regret que nous ſommes bornés à nommer ſeulement les obſervateurs, qui ſe répondent d'un bout de l'Europe à l'autre, à ne pouvoir louer qu'en général leur zele, leur conſtance, leur art, & pour prévenir les obſervations, & pour les faire avec adreſſe, & pour en tirer tout ce que la curioſité humaine en doit apprendre. En Suede MM. Wargentin, Proſperin, Planmann & Melander : à Coppenhague MM. Brugge & Kratzenſtein : à Berlin MM. Caſtillon, Bernoulli, Bode & Shulze : à Pétersbourg M. Rumousky : à la Haie M. Klinkemberg : à Franeker MM. Upey & Vanſwinden : à Utrecht M. Hennert : à Bruxelles M. Chevalier : à Vienne MM. Hell, Lieſganig & Pilgram : à Creſmunſter le P. Filxmiller : à Manheim M. Maier : à Varſovie M. Poczobut : à Goettingue MM. Kæſtner & Lichtenberg : à Geneve MM. Mallet, Pictet & Trembley : en Eſpagne MM. A d'ulloa, Doz, Tofino & Varela : à Lisbonne M. de Barros : en Italie, à Florence le P. Ximenès : à Bologne MM. Cantercani, Zanotti, Mateucci : à Piſe M. Slope : à Milan MM. de Ceſaris, Reggio & Oriani : à Padouë M. Toaldo : à Turin M. Canonica : à Mexico don Antonio de Alzate : dans l'Amé-

rique ſeptentrionale MM. Wintrop, Dixon, Olivier & Willard: en Angleterre & à Londres MM. Maskelyne, Maſon, Wales, Lyons & Aubert : à Oxford M. Hornsby : à Glaſcou M. Wilſon : à Cambridge MM. Dunthorne & Sæpherd : en France & à Paris MM. Maraldi, Fouchi, le Monnier, Caſſini de Thury, la Lande, le Gentil, Pingré, Chabert, Jeaurat, Bory, Meſſier, Caſſini le fils, Rochon, Boſcovich, Vallot, Fleurieu, Mechain, d'Agelet & Bailly : à Rouen MM. Bouin, Dulague : à Limoges M. Montagne : à Montpellier MM. de Ratte & Poitevin : à Toulouſe MM. d'Arquier & Garipuy : à Marſeille M. de Silvabelle : à Pekin les PP. Collas & Dolieres.

Mais, s'il nous eſt permis de le dire, les obſervatoires de Paris & de Londres ſont ceux qui ont fourni les Obſervateurs les plus aſſidus & les plus nombreux ; le ciel y a toujours eu des témoins. C'eſt là que la ſcience a été vraiment nourrie par une ſuite non interrompue, & par un amas de faits ſans ceſſe accumulés. C'eſt là que depuis plus d'un ſiecle les grandes découvertes ont été faites ; les regiſtres de ces Obſervatoires ſont vraiment les regiſtres du ciel. On en a vu ſortir ces grands & magnifiques recueils, où l'Hiſtoire des phénomènes eſt conſignée, & tels que les trois volumes de l'Hiſtoire céleſte de Flamſteed, le volume qui offre les obſervations de M. Maskelyne, ſucceſſeur de Flamſteed & de Halley, l'Hiſtoire céleſte de M. le Monnier. Et c'eſt de là que ſortira encore la ſuite immenſe des obſervations faites à l'Obſervatoire royal de Paris, préſentées en ordre, & avec leurs réſultats ; vaſte ouvrage entrepris par M. Caſſini le fils, arrière petit-fils du célebre Dominique, jaloux de la gloire de ſes peres, qui ont le plus contribué à élever cet édifice, & ſurtout curieux, en les imitant, de ſe rendre digne de leur nom.

Telles ſont les principales découvertes, les objets de recherches, les inventions, les travaux par leſquels les Aſtronômes vivans ſe ſont diſtingués, & la ſcience s'eſt avancée depuis cinquante années! Mais dans ſes progrès elle doit beaucoup à la Géométrie, & c'eſt de l'influence de cette dernière ſcience, dont nous allons nous occuper dans le Diſcours ſuivant.





HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS III.

Des Progrès de la Géométrie, & de ſon influence ſur l'Aſtronomie.

La Géométrie eſt la ſcience de l'étendue & du mouvement, ou ſeulement de l'étendue ; car tout ce qui exiſte dans cet univers, ou à la fois, ou ſucceſſivement, a l'étendue pour caractère de ſon exiſtence. L'eſpace, qui embraſſe tous les points, tous les lieux, toutes les bornes du monde phyſique; le mouvement, qui parcourt cet eſpace, qui s'y applique, s'y meſure, & ſemble s'y aſſimiler ; le tems marqué par la ſucceſſion des choſes, ſubſiſtant depuis leur commencement juſqu'à leur fin ; le tems qui embraſſe l'univers dans ſes changemens, comme l'eſpace l'enferme dans ſa permanence, tout n'eſt

qu'étendue : étendue phyſique qui eſt devant nous, que l'œil peut diſtinguer & parcourir ; étendue intellectuelle que l'homme peut rendre préſente à ſon eſprit, & qui n'eſt apperçue & meſurée que par ſa penſée. Voilà l'empire de la Géométrie. C'eſt alors qu'elle eſt grande, qu'elle eſt vaſte comme l'univers ! Ouvrage miraculeux de la raiſon humaine, les hommes y ont concentré toutes les idées d'ordre & de rectitude qu'ils ont reçues du ciel : ſi elle a ſes limites, comme l'eſprit humain, elle s'eſt toujours élevée avec lui, & tient de ſa hauteur la double immenſité, qui, s'applique à tous les tems & à tous les lieux, meſurant également & les eſpaces de la durée fugitive, & ceux de la matière préſente & viſible.

La Géométrie ne fut jadis en Egypte que l'art d'arpenter les héritages, & d'en fixer le contour & les limites : elle étoit humble & bornée dans ces commencemens, elle n'avoit rien de grand que ſon nom. Auſſi Platon ſe moquoit-il de l'orgueil du nom de Géométrie, de meſure de la terre, dans un tems où la terre preſque entière étoit inconnue. Bientôt cette ſcience fit des progrès rapides dans les mains de Platon même & des Grecs qu'il enſeigna. Elle n'avoit encore conſidéré que les ſurfaces, elle s'empara bientôt des trois dimenſions de la matière, & les corps furent meſurés ; elle ne ſe borna plus à conſidérer des lignes droites, & des eſpaces plans ou ſolides, bornés par ces lignes ſimples : des ſections du cône naquirent quatre courbes, le cercle, l'ellipſe, la parabole & l'hyperbole. Cette conſidération nouvelle fut un pas marqué de la ſcience. Tandis que la ligne droite s'avance par la voie la plus courte, ſemble marcher à pas égaux & ſemblables, dirigés par un deſſein conſtant & vers le même but, la ligne courbe ſe compoſe de détours & de ſinuoſités ; ſa marche ſemble contrariée, chaque pli de ſa route annonce un changement de deſſein & de

de but. Plusieurs causes doivent concourir à sa formation : on sent qu'elle doit dépendre d'une loi plus compliquée ; cette loi est renfermée, exprimée dans quelques propriétés fondamentales. Les Grecs étudierent & découvrirent les propriétés, ou les caractères des quatre courbes que nous venons de nommer. Les plus simples de toutes, d'ailleurs les seules connues, on les étudia sans prévoir l'utilité dont elles devoient être un jour. Lorsque l'algebre inventée eût été appliquée à la Géométrie par le génie de Descartes ; c'est-à-dire, lorsque les signes abstraits des nombres eurent été appelés par lui pour représenter l'étendue dans son ensemble & dans ses détails, les propriétés qui caractérisent chaque courbe, furent écrites par ces signes abstraits, par les lettres algébriques : on les nomma l'équation de la courbe. Toute équation est une égalité ; que sont les propriétés d'une courbe ? Une égalité entre les produits ou les combinaisons de certaines lignes droites renfermées & bornées par cette courbe. Si chaque courbe a son équation particulière, chaque équation possible, chaque combinaison de ces signes abstraits appartient à une courbe différente (*a*). Les courbes se multiplierent, & formerent une espece d'univers géométrique qui fut sans bornes. Cette union des deux sciences, de l'algebre & de la Géométrie, ce bienfait de Descartes apporta de grandes ressources ; car des quantités inappréciables en nombre purent être exprimées par des figures géométriques, c'est-à-dire, par des lignes & par des surfaces. Newton, inventeur du calcul différentiel (*b*), n'acheva point un ouvrage que peut-être aucun homme n'achevera, & laissa le calcul intégral imparfait ; beaucoup de ces petites quantités nommées diffé-

(*a*) On doit en excepter les équations entre des quantités constantes qui ne peuvent se construire que par des figures rectilignes.

(*b*) Nous ne prétendons point par cette expression, ôter à Leibnitz ses droits à l'invention de ce calcul.

rentielles ne pouvant être ſommées & reformées en quantités entières & finies, donnerent naiſſance à des courbes d'un genre très-élevé & preſque inacceſſible à nos efforts. On ne put y parvenir que par la voie de l'approximation, ſouvent aſſez exacte, parce qu'elle approche très-près; mais toujours laborieuſe & pénible. Les moyens de l'algebre conſiſtent à faire, avec les ſignes abſtraits d'une expreſſion abrégée, les mêmes comparaiſons, les mêmes opérations, les mêmes combinaiſons que l'on feroit avec des lignes & avec des ſurfaces de toutes grandeurs & de toutes figures, dont la conſidération trop variée & trop étendue, pourroit ſurcharger l'eſprit le plus fort. Mais l'algebre n'eſt qu'une géométrie écrite; la Géométrie n'eſt qu'une algebre figurée. Tout ſe réduit donc aux moyens de la Géométrie; que ſe propoſe-t-elle? La meſure de tout ce qui exiſte dans le monde ſenſible. Ce qui exiſte eſt l'ouvrage de la nature, de la nature qui a caché partout la ſimplicité des principes ſous la variété des phénomènes, qui en oppoſant les principes ſecondaires, en faiſant réagir les êtres les uns ſur les autres, a paru troubler partout l'uniformité & la régularité qui la conſtituent, n'a mis nulle part ni deux formes ſemblables, ni une forme régulière. L'homme ſe perd dans cette variété infinie! Ce qui eſt trop compoſé n'eſt plus régulier pour lui; il lui faut des choſes ſimples & qui ſoient ordonnées ſuivant ſa manière de concevoir. Nous avons pris le parti, pour étudier la nature, de meſurer ſes ouvrages, en leur appliquant les figures de notre Géométrie, les modèles idéaux que notre eſprit a créés, les formes régulières dont il connoît la loi. Maître de multiplier preſque à volonté ces formes, d'en varier la loi, il peut d'eſſais en eſſais, aſſimiler, pour ainſi-dire, les meſures qu'il s'eſt faites aux choſes qu'il veut connoître, approcher auſſi près qu'il le veut de la nature

qu'il ne doit jamais atteindre, & ſe faire une copie aſſez reſſemblante de ce grand modèle. En effet quoique l'univers n'offre nulle part des lignes parfaitement droites, des ſurfaces réellement planes, des triangles, des carrés, des cubes réguliers, des cercles uniformes, des ellipſes & des paraboles réelles, l'homme meſure avec ces figures une infinité d'eſpaces qui s'en écartent peu; & lorſqu'il voudra deſcendre aux détails & toucher de plus près la vérité des choſes, il a des formes moins ſimples & des courbures plus compliquées pour apprécier les écarts mêmes.

Cependant lorſque Newton voulut appliquer la Géométrie à la phyſique céleſte, & porter la ſcience à cette hauteur extraordinaire, il fallut comparer enſemble des choſes qui n'étoient pas de même nature. Le mouvement s'accomplit dans un eſpace, il dure pendant un tems, il a une certaine vîteſſe; des eſpaces, des tems, des vîteſſes n'ont rien de ſemblable. Si la vîteſſe eſt d'autant plus rapide que l'eſpace parcouru eſt plus grand, & le tems employé plus court, quel rapport des tems & des eſpaces ont-ils entr'eux? Cependant la Géométrie ne peut opérer que ſur des rapports & ſur des égalités. On parvient à la comparaiſon deſirée entre ces choſes d'eſpeces ſi différentes, en établiſſant pour chacune d'elles un module différent, une unité particulière; & lorſqu'on compare des vîteſſes, des tems & des eſpaces, la comparaiſon de chacune de ces quantités avec ſon module particulier, eſt toujours ſouſentendue. On dit que dans un mouvement uniforme, en tems égal l'eſpace eſt comme la vîteſſe. Un corps qui tombe parcourt quinze pieds dans la première ſeconde de ſa chûte; il acquiert par cette chûte une vîteſſe, qui lui feroit parcourir uniformément trente pieds. Si nous prenons la ſeconde pour l'unité de tems, trente pieds formeront une unité

pour l'eſpace ; & ſi nous regardons la vîteſſe qui réſulte de l'eſpace parcouru en une ſeconde comme l'unité de vîteſſe, comme un module propre à meſurer tous les degrés quelconques de vîteſſe, quand un corps ſera lancé par une force qui ſera capable de lui faire parcourir ſoixante pieds dans une ſeconde, nous dirons que ce corps a deux degrés de vîteſſe ; que dans le premier cas ſa vîteſſe étoit 1, & que dans celui-ci elle eſt 2. Il ne ſera pas plus difficile de comprendre comment on compare les tems avec les eſpaces. Galilée a découvert que dans la chûte des corps les eſpaces parcourus ſont toujours comme les carrés des tems : nous pourrons former une égalité de ces eſpaces & du carré de ces tems ; nous pourrons ſubſtituer partout ces carrés à ces eſpaces, ou ces eſpaces à ces carrés. Si, par exemple, dans les deux premières ſecondes du tems de la chûte, le corps parcourt ſoixante pieds, ou quatre fois quinze pieds, nous égalerons le carré de deux, ou bien quatre ſecondes à ſoixante pieds, parce que c'eſt quatre unités de tems que l'on égale à quatre unités d'eſpace. Nous pouvons ſubſtituer partout ou l'eſpace ou le carré du tems ; c'eſt toujours le nombre *quatre* que nous employons. Ces conventions & un petit nombre de principes ſimples ſont la baſe de la ſcience des corps en mouvement ; ſcience créée par Newton & appelée dynamique, mais que nous avons confondue ici ſous la dénomination générale de Géométrie.

Newton avoit montré que ſi un corps décrit une des quatre ſections coniques, ce corps eſt pouſſé vers un des foyers par une force inverſement proportionnelle au carré des diſtances. Il avoit établi que dans ces ſections coniques les apſides & les nœuds ſeroient immobiles ; telle eſt la loi univerſelle, en ſuppoſant que chaque corps central exerce un empire abſolu dans ſon domaine. Newton paſſant enſuite à la lune, qui offre des exceptions à

cette loi, dont les apſides & les nœuds ſe meuvent, dont le mouvement elliptique eſt continuellement troublé, fit voir que ces dérangemens étoient une ſuite néceſſaire de la gravitation univerſelle. C'eſt que l'empire du corps central n'eſt pas abſolu; c'eſt que les loix qu'il impoſe, & qui doivent tout régler, ſont contrariées, modifiées par la loi d'une puiſſance étrangère & éloignée. Cette puiſſance eſt le ſoleil, qui étend à la lune le joug impoſé à la terre. Mais Newton ſemble avoir conſidéré à part ces dérangemens & chacune des inégalités de la lune : il n'a ajouté que peu d'équations aux quatre qui étoient déjà connues ; quelques-unes ne ſont même déduites que des obſervations. Ses explications ſont iſolées ; elles ne ſont point liées entr'elles, comme doivent être les effets d'une même cauſe. En donnant les principes & les concluſions, il a ſouvent rompu la chaîne qui doit l'avoir conduit des uns aux autres : il ſemble avoir craint d'être ſuivi & avoir voulu cacher ſes traces; il s'en faut bien qu'il ait tout expliqué d'une manière ſatisfaiſante. Auteur du plus bel ouvrage qui ſoit ſorti de la main d'un homme, il n'a pu en perfectionner toutes les parties : d'ailleurs les routes qu'il avoit ouvertes dans la Géométrie ont été ſuivies ; on a été plus loin que lui.

Trois Géometres ont paru preſque à la fois en Europe, MM. Clairaut & d'Alembert en France, M. Euler à Berlin. La ſcience de la dynamique s'étendit entre leurs mains ; le champ vaſte du calcul intégral, ſemblable à ces landes que la patience & le travail peuvent ſeuls fertiliſer, fut défriché dans un plus grand nombre de ſes parties. Avec ces moyens ajoutés aux moyens de Newton, les trois Géometres conçurent le grand projet de refaire ſon grand ouvrage, de ne lui prendre que ſa loi, & de tout dériver de ce principe unique, en détaillant ſes effets & en ſuivant ſes conſéquences. La marche de nos Géometres paroît contraire à

celle de Newton ; & elle a dû l'être en effet. Le philosophe Anglois a dû remonter des effets aux causes, pour découvrir le principe, pour s'assurer de sa réalité ; mais le principe une fois établi & reconnu souverain sur le trône de la nature, on a dû partir de la source des loix pour connoître & combiner les effets. Nous ne nous proposons pas de faire mention ici du mérite géométrique de ces travaux, ni des méthodes & des artifices de calcul employés par ces Géometres justement célébres ; ce mérite appartient à l'histoire de la Géométrie. Notre tâche est de montrer comment cette science a été utile à l'Astronomie, d'indiquer ses moyens ; & en développant aux lecteurs l'esprit métaphysique, qui a conduit l'homme dans ces profondeurs, de faire taire la défiance qui s'étonne de succès inespérés, & d'établir la confiance en satisfaisant la curiosité.

Un corps étant lancé dans l'espace par une force d'impulsion uniforme & constante, avec une vîtesse quelconque, mais connue, & suivant une direction déterminée, continuellement attiré vers un centre placé à une distance donnée, & par une force inversement proportionnelle au carré de cette distance, on demande quelle est la route de ce corps & la courbe qu'il décrit en vertu de ces forces. On considere ce qui se passe dans un tems infiniment petit : la première force lui fait décrire une petite ligne droite ; la force centrale tend à lui en faire décrire une autre dans une direction différente. Ces deux petites lignes forment un angle, & sont les deux côtés d'un parallélograme ; si l'on tire la diagonale, cette diagonale que le corps suit pour obéir à la fois aux deux forces qui le pressent, est sa route dans cet instant, & une portion de la courbe qu'il doit décrire. Or de ces deux petites lignes la première est connue, puisqu'elle est décrite par une force uniforme, & avec une vîtesse connue ; l'autre l'est aussi, puisqu'elle est l'effet de la force

centrale, toujours aſſignable à une diſtance déterminée; la diagonale qui en réſulte doit donc l'être également, & ſa valeur eſt relative à la direction de la force uniforme, à la vîteſſe qu'elle imprime au corps dans un tems donné, enfin à la diſtance du corps central. Ce ſont toutes ces circonſtances qui déterminent la valeur de cette diagonale & la nature de la courbe dont elle eſt une portion infiniment petite. Cette portion eſt réellement une différentielle; il ne s'agit que de remonter par le calcul intégral à la quantité entière & finie dont elle eſt la différentielle. Cette quantité ſera l'équation de la courbe. Le calcul fait ſur ces principes démontre que lorſque la force centrale eſt, comme nous l'avons ſuppoſé, inverſement proportionnelle au carré des diſtances, la courbe décrite ne peut être qu'un cercle, une ellipſe, une parabole ou une hyperbole. Lorſque les Grecs trouverent ces quatre courbes dans les ſections du cône, ils n'imaginerent pas que ce cône renfermoit la deſtinée des corps céleſtes & les ſeules figures permiſes à leurs orbes. Les conditions de la vîteſſe & de la direction de la force uniforme déterminent celle de ces quatre courbes que le corps doit décrire. Ce problême de deux corps qui agiſſent l'un ſur l'autre étoit facile à la Géométrie moderne; le problême le plus utile, & à la fois le plus difficile, eſt celui-ci. *Trois corps étant donnés avec leurs poſitions, leurs maſſes & leurs vîteſſes, trouver les courbes qu'ils doivent décrire par leur attraction, ſuppoſée proportionnelle à leur maſſe & aux raiſons inverſes du carré des diſtances.* Ce problême eſt le plus difficile, parce qu'il eſt compliqué de trois actions; il eſt en même tems le plus utile, parce qu'il embraſſe tout le ſyſtême du monde. Sans doute tous les corps agiſſent les uns ſur les autres, à quelque diſtance qu'ils ſoient; cependant comme toute action eſt foible, quand ſa ſource eſt lointaine,

on peut calculer ſéparément les attractions de chaque corps éloigné, & toute la théorie céleſte ſe réduit à conſidérer un grand corps qui en régit un ſecond plus petit qu'il force de circuler autour de lui, tandis qu'un troiſieme éloigné trouble & dérange cette marche régulière. Telle eſt la queſtion fameuſe ſous le nom de *problême des trois corps*, dont la ſolution fait le caractère de notre ſiecle, & lui donne ſon rang dans le progrès des ſciences.

Nous allons développer ce problême général dans le cas particulier de la lune tournant autour de la terre & troublée par le ſoleil. Si l'on ſe rappelle ce que nous venons de dire, lorſque nous n'avons conſidéré que deux corps, on verra qu'en faiſant abſtraction de l'influence ſolaire, la lune doit décrire le premier petit côté en vertu de ſa force de projection, & le ſecond par l'effet de ſa tendance vers la terre; la diagonale, cette petite portion de ſa route, ſera la différentielle de l'ellipſe qu'elle décrit autour de nous. Mais lorſque le ſoleil agit, non ſeulement la lune eſt détournée de ſa route rectiligne par la force centrale de notre globe, mais elle eſt encore détournée par l'effet de la force ſolaire. Elle eſt donc obligée de quitter à chaque pas l'ellipſe qu'elle décrit; & on peut juger combien la courbure de ſa nouvelle route doit être compliquée, puiſqu'elle réſulte de trois actions combinées, dont l'une, à la vérité, eſt toujours la même, mais dont les deux autres inégales entr'elles, ſont à chaque inſtant d'une longue période, toujours différentes d'elles-mêmes. Ici les courbes ſimples & régulières ne ſuffiſent plus pour meſurer, pour repréſenter cette courbure compoſée & bizarre; la courbe qui en réſulte dans l'eſpace, eſt d'un genre ſi élevé, que les moyens de l'analyſe, quoiqu'infiniment variés, ne peuvent y atteindre. Nos Géometres l'auroient caractériſée & décrite, s'ils avoient

pu ſaiſir ſon équation ; mais cette équation rigoureuſement développée eſt inaſſignable. C'eſt ici que l'eſprit humain, quelquefois étonné de ſa grandeur & de ſes reſſources, reconnoît la foibleſſe de ſa nature limitée ; mais la patience & le travail lui fourniſſent les méthodes d'approximation. On décompoſe le problême pour en conſidérer ſucceſſivement les différentes parties; & on met par tout une vérité approchée, aſſez exacte pour être utile, à la place d'une vérité rigoureuſe qu'on ne peut eſpérer.

Nous avons dit (*a*) que l'action du ſoleil ſur la lune pouvoit toujours ſe décompoſer en deux autres, dont l'une agiſſoit ſuivant la direction de la lune à la terre, & s'ajoutoit à la force centrale, & dont l'autre agiſſoit dans une direction perpendiculaire à cette ligne. Deux choſes caractériſent le mouvement d'un aſtre; la direction de ce mouvement, c'eſt-à-dire, la route que ſuit le corps qui ſe meut, & le tems employé à la parcourir. La première des deux forces change la loi du carré des diſtances : la lune ne peut plus décrire une ellipſe ; elle en eſt ſans ceſſe retirée par l'action étrangère du ſoleil, & la diſtance à la terre eſt augmentée ou diminuée ; en même tems que l'orbite eſt ainſi déformée, le tems même de la révolution eſt altéré. Car ſuivant la loi de Kepler (*b*), les tems des révolutions ſont comme les racines carrées des cubes des diſtances au ſoleil. Cette diſtance ne peut donc être changée ſans que le tems ne le ſoit auſſi. La ſeconde force agit dans le ſens de l'orbite même ; elle pouſſe ou elle retient, elle augmente ou elle diminue les vîteſſes : elle affecte donc particuliérement le tems ; il y aura dans un tems égal plus ou moins

---

(*a*) *Suprà*, Tome II. p. 506.

(*b*) *Ibid.* p. 130.

d'eſpace parcouru. La première de ces forces nouvelles altere la petite ligne décrite par l'effet de la force centrale : elle y ajoute une autre petite ligne infiniment petite à l'égard de la première, qui elle-même étoit déjà infiniment petite ; c'eſt ce qu'on appelle une différentielle du ſecond ordre. Cette nouvelle quantité a une valeur relative à la diſtance du ſoleil, à ſa poſition à l'égard de la lune ; introduite dans l'expreſſion de la diagonale, qui eſt la vraie route de la lune, elle conduit à une équation, qui donneroit rigoureuſement la forme & la courbure de cette route, ſi l'art pouvoit parvenir à la développer. Le premier mérite des trois Géometres rivaux eſt d'avoir mis ainſi le problême en équation ; mais cette équation étoit différentielle, & du ſecond ordre, c'eſt-à-dire, que quelques-unes des quantités dont elle étoit compoſée, étoient infiniment petites, relativement à d'autres quantités, infiniment petites elles-mêmes devant les quantités finies & ſenſibles du monde phyſique.

Nous n'avons point rendu compte de cette étendue du calcul différentiel : l'homme en eſt le maître ; il deſcend tant qu'il veut dans les claſſes des différentes grandeurs. Si une quantité variable augmente ou diminue à chaque inſtant d'une portion infiniment petite, cette altération eſt la différentielle du premier ordre ; mais ſi la quantité varie inégalement, les altérations ſucceſſives ne ſeront plus les mêmes ; on pourra conſidérer leur différence ; cette différence ſera une différentielle du ſecond ordre. C'eſt donc à cette double profondeur, à ce ſecond degré de la nature infiniment petite, que les trois Géometres ont atteint la ſolution deſirée du problême des trois corps. Mais il ne ſuffit pas d'être ainſi deſcendu, il faut revenir aux choſes ſenſibles. Le ſecond mérite de nos trois Géometres fut de retrouver les quantités finies par deux intégrations ſucceſſi-

ves, qui furent obtenues de l'adreſſe du calcul (*a*), & qui, ſi elles ne ſont pas rigoureuſes, n'en ont que plus coûté au génie fatigué de la lenteur & de la peine des approximations. Toutes les quantités variables & inconnues qui entrent dans ce problême, ſont à peu-près connues; car elles le ſeroient réellement ſi les perturbations du troiſieme corps n'avoient pas lieu. Mais l'effet de ces perturbations étant toujours peu conſidérable, les Géometres ont imaginé de ſubſtituer à ces quantités inconnues les quantités connues dont elles different peu, plus une petite quantité qui eſt l'effet des perturbations; quantité aſſez petite en effet pour qu'on puiſſe en négliger les puiſſances. Voilà la première ſimplification du problême; & par là les équations différentielles deviennent linéaires. C'eſt en même tems la première eſpece d'approximation. Mais ſi les intégrations ne ſont point rigoureuſes, c'eſt encore parce que pluſieurs de ces quantités ne ſont point elles-mêmes ſuſceptibles d'une valeur exacte; elles ne peuvent être développées que par une ſuite de termes qui vont toujours en diminuant, & de manière qu'on peut n'en prendre qu'un certain nombre & négliger les derniers. Ces ſuites que l'on prolonge autant qu'on veut, donnent le degré qu'on veut de préciſion; c'eſt par une de ces ſuites qu'on obtient la quadrature approchée du cercle, & une infinité d'autres connoiſſances que l'imperfection des méthodes refuſe à nos recherches. L'adreſſe du calcul étoit donc de trouver les ſuites, les approximations les plus utiles pour parvenir à l'intégration.

Mais ce n'eſt pas tout; il faut encore compliquer le problême de pluſieurs conſidérations importantes. Le ſoleil n'eſt pas toujours également éloigné de la terre; ſon orbe

(*a*) M. d'Alembert, Recherches ſur le ſyſtême du monde, Diſc. prél. p. XXII & XXXVI.

elliptique a une excentricité qui augmente ou diminue sa distance ; cet astre n'étant pas dans le plan de l'orbite que la lune décrit autour de la terre, il attire la lune différemment, suivant qu'elle est différemment élevée au-dessus de l'écliptique. Ces sources de variations doivent influer sur les dérangemens de la lune, & entrer dans leur expression ; il faut donc une multitude d'attentions délicates, & des calculs pénibles, pour obtenir, non pas la solution rigoureuse, jusqu'ici impossible, mais la solution approchée du problême des trois corps.

En conséquence de la manière dont on a envisagé le problême, & de ce qu'on a séparé les quantités résultantes du mouvement de la lune autour de la terre, qui sont grandes & considérables, des perturbations dues au soleil, qui sont toujours assez petites, l'équation obtenue, l'équation de la courbe que décrit la lune doit être regardée comme composée de deux parties. La première, qui pourroit être nommée la partie elliptique, est celle qui donneroit l'ellipse de la lune, si le soleil n'agissoit pas, & si la lune parcouroit tranquillement la voie où elle est enchaînée par la terre ; la seconde est celle qui exprime l'effet du soleil pour troubler la lune, & les dérangemens qu'il lui cause. Les quantités qui la composent dépendent des arcs & des angles, qui mesurent la distance du soleil à son apogée & à la lune, la distance de la lune à son nœud, à son propre apogée & à celui du soleil. Toutes ces quantités sont ce qu'on appelle les équations de la lune ; & on y retrouve d'abord l'équation du centre (*a*) : celle-ci appartient à la partie elliptique, elle est commune à toutes les planetes ; c'est la découverte de Kepler. On retrouve ensuite les équations qui

---

(*a*) *Suprà*, Tome I, p. 97.

ont été reconnues par Ptolémée (*a*) & par Tycho (*b*) ; l'équation annuelle long-tems confondue avec l'équation du tems, & qui en fut séparée par Newton ; enfin une multitude de petites équations inconnues à Newton lui-même. On ne peut aujourd'hui déterminer pour un instant donné la place de la lune dans le ciel que par un calcul long & pénible : il n'y a cependant que deux causes, deux actions, celle de la terre & celle du soleil sur la lune, il semble qu'il ne devroit y avoir que deux équations ; mais ici ces deux actions semblent divisées en une infinité de portions, qui toutes ont une mesure particulière. Cette complication est sans doute un défaut ; il tient à l'espece des méthodes d'approximation. Cette marche n'est point celle de la nature ; nos moyens sont petits, il nous en faut mille pour un des siens. Elle accomplit un grand dessein par un seul effort, & chaque effet ne doit avoir pour elle qu'un module. Mais nous, qui ne pouvons atteindre ce grand dessein, nous dont les méthodes sont nées dans notre tête & limitées par notre foiblesse, nous sommes obligés de partager ce dessein, de le mettre en pieces pour l'approcher de nous, pour le connoître ; de-là naît la multiplicité des mesures : & lorsque nous avons considéré ces parties, si nous avons l'art de les rejoindre, de reconstruire le tout que nous n'avons pu embrasser, nous devons admirer nos ressources, & nous applaudir d'une hardiesse aussi noble par son but, qu'heureuse par son succès. Foibles sans doute pour ce qui nous reste à faire, nous serons toujours grands par ce que nous avons fait : nous en aurons la preuve, si nous comparons la théorie avec les phénomènes ; la marche est la même. La théorie développe successivement les inégalités les plus sensibles, celles qui ont

(*a*) *Suprà*, Tome I, p. 275. (*b*) *Ibid.* pag. 407.

frappé les yeux des Aſtronômes. Si nous n'avons pu ſurprendre la nature, ſa manière ſimple d'opérer un effet, nous imitons du moins cet effet dans ſon développement, dans ce qu'il a de ſenſible pour nous; nous faiſons comme elle, mais par des circuits, & avec plus de peine. Quant aux grandes inégalités, déjà obſervées, la théorie eſt parfaitement d'accord avec l'obſervation; c'eſt un juſte motif de confiance pour les inégalités plus petites que l'obſervation n'a ſu démêler, mais que le calcul, dont les yeux ſont plus fins & plus pénétrans, a ſaiſies ſéparément, & qui, réunies en maſſe, ont un effet ſenſible dans les obſervations.

Cette foule d'équations néceſſaires pour déterminer le lieu de la lune dans le ciel, n'eſt pas le ſeul effet de la force ſolaire. Le ſoleil a une puiſſance qui trouble & déplace tout; une partie de ſa force décompoſée s'ajoute, comme nous l'avons dit, à la force centrale qui attire la lune vers la terre. Cette partie de la force du ſoleil agit particuliérement ſur l'apogée, elle le déplace & lui donne un mouvement propre dans l'orbite même de la lune; ou plutôt la force du ſoleil rend cette orbite mobile & la fait tourner autour d'un des foyers où la terre eſt placée. Les obſervations nous avoient revélé ce phénomène. Newton avoit dit que ſa théorie donnoit avec exactitude la quantité de ce mouvement; mais il avoit ſouvent parlé à la manière des Prophetes, qui diſent ce qu'on ne peut voir: alors c'eſt la foi qui croit, il faut que la raiſon ſe ſoumette. Mais l'eſprit n'eſt ni éclairé, ni tranquille; ſon repos ne peut être établi que ſur des démonſtrations. On attendoit de la nouvelle ſolution du problême des trois corps, que Newton ſeroit juſtifié ſur ce point, comme il l'avoit été ſur tant d'autres. On fut bien étonné de trouver que la théorie n'indiquoit ici que la moitié du mouvement donné par les

observations, & cette erreur n'étoit pas legère; car le mouvement de l'apogée étant de plus de quarante degrés par an, cette moitié étoit d'environ vingt degrés dans cet intervalle. Lorsque la théorie & l'observation different sur un fait, l'observation qui constate ce fait, ne permet point de doute; il faut que le tort soit du côté de la théorie: & ce qui accusoit le plus cette théorie, c'est que les trois Géometres, sans s'être communiqué ni leurs résultats, ni même leur projet (a), n'avoient, chacun de leur côté, trouvé par la théorie que la moitié du mouvement observé. Nous éclaircirons bientôt cette difficulté.

Mais la même force qui fait avancer l'apogée, agit aussi sur le plan de l'orbite de la lune; ou, pour mieux dire, elle en retire la lune à chaque instant. En effet le soleil n'est pas dans ce plan, & puisqu'il tire à lui la lune, l'effet de son action est de la faire sortir de son orbite & de la transporter dans un nouveau plan. On peut donc considérer qu'elle en change à chaque instant; mais qu'est-ce qui caractérise un plan tel que celui de l'orbite de la lune? C'est son inclinaison sur l'écliptique, c'est le lieu où se font ses intersections avec ce cercle. La lune, en changeant continuellement de plan, doit s'abaisser ou s'élever sur l'écliptique, & voir ses nœuds répondre à différens degrés du zodiaque. La théorie, conforme à l'observation & à ce que Newton avoit annoncé, fait rétrograder constamment ces nœuds, qui parcourent ainsi l'écliptique dans une période de 18 ans $\frac{1}{2}$; & dans le même intervalle l'inclinaison varie, c'est-à-dire, le plan de l'orbite s'abaisse

(a) M. Euler avoit envoyé sa solution du problême des trois corps en 1747, dans une piece qui remporta le prix de l'Académie des Sciences de Paris en 1748, sur la cause des inégalités de Saturne. M. d'Alembert avoit remis sa solution cachetée au Secrétaire de l'Académie le 6 Novembre 1747, & M. Clairaut lut son Mémoire & sa solution à l'assemblée publique du 15 Novembre de la même année.

& s'éleve de dix-huit minutes, comme Tycho l'avoit obſervé (*a*). Rien n'auroit été plus ſatisfaiſant que ces réſultats ſans le mouvement de l'apogée qui ſembloit rebelle à la théorie. Il n'en falloit pas davantage pour ébranler le principe qui lui ſert de baſe ; il auroit été permis de douter de l'attraction, ou du moins de ſa loi, ſi elle avoit été en défaut ſur un phénomène auſſi important & auſſi conſidérable que celui du mouvement de l'apogée. Cependant aſſez de phénomènes dépoſoient pour l'attraction ; on ne pouvoit ſoupçonner que ſa loi. Il étoit hardi d'oſer réformer cette loi établie ſur tant de phénomènes, devenue la baſe de tous les mouvemens céleſtes ; cette loi dictée par un homme qui avoit imprimé à la nation des Géometres & des Philoſophes, & par eux à l'Europe entiere le même reſpect que Solon & Licurgue laiſſerent jadis dans Athènes & dans Lacédémone. M. Clairaut eut le courage de prendre ce parti, & ce fut par zele pour l'attraction ; il voulut écarter l'écueil où ce principe ſembloit ſe briſer. Voici comment M. Clairaut raiſonna : dès que l'apogée ou les apſides d'une planete ſont en mouvement, c'eſt une preuve que la force qui pouſſe cette planete vers un centre, ne ſuit pas exactement la loi du carré des diſtances ; il y a quelque différence ou quelque altération. Le ſoleil par ſa force perturbatrice eſt bien une ſource d'altération, mais elle ne ſuffiſoit pas ; elle ne donnoit que la moitié du mouvement de l'apogée. Il falloit donc que quelqu'autre cauſe produiſît l'autre moitié ; il falloit donc que la force même qui émane de la terre ſur la lune, ne ſuivît pas la loi du carré des diſtances. Mais en changeant la loi pour la conformer au phénomène de la lune, on ne devoit pas oublier que cette loi pure & ſimple ſuffiſoit à toutes les autres planetes. M. Clairaut

(*a*) *Suprà*, Tome I, p. 408.

imagina

magina de l'exprimer par deux termes, dont le premier suivoit la raison du carré des distances, loi primitive & devenue presque sacrée ; l'autre terme varioit comme les carrés carrés, ou comme les quatriemes puissances de la distance. Ce terme étoit très-petit, & même s'anéantissoit dans les orbites des planetes, qui sont toutes assez éloignées du soleil ; mais à la proximité où la lune est de la terre, il devenoit capable de produire le mouvement desiré (*a*). Cette propriété n'a rien qui doive étonner ; elle étoit l'ouvrage de l'art. Les suppositions mathématiques peuvent représenter tout ce qu'on veut ; elles n'apprennent rien, quand elles ne sont pas conformes à la physique, & même à la métaphysique des Sciences. M. de Buffon défendit la loi de l'attraction ; il établit qu'elle devoit être estimée par le carré inverse de la distance, comme toutes les qualités qui partent d'un centre ou qui y tendent, comme la lumière, la chaleur, les odeurs, &c. Selon lui, c'étoit une absurdité d'admettre deux termes dans l'expression de cette loi (*b*). Chaque terme, en pareil cas, est un module ; une propriété générale, une qualité unique ne peut avoir qu'une mesure unique & simple comme elle. Deux termes, deux modules indiqueroient deux principes de variations, deux loix d'attraction : ils détruiroient la simplicité supposée, nécessaire même dans cette qualité essentielle de la matière ; & pour

(*a*) Mém. Acad. Scien. 1745, p. 329.

(*b*) M. d'Alembert a remarqué depuis que cette loi composée seroit beaucoup trop grande pour expliquer la pesanteur des corps terrestres. (*Recherches sur differens points importans du systême du monde*, T. I, p. 185). Ainsi on eût perdu d'un côté ce qu'on eût gagné de l'autre. Cependant M. Bouguer soupçonne que la loi du carré des distances ne suffit pas pour rendre raison des phénomènes de l'attraction dans le point du contact. Il semble que la force soit alors dans la raison inverse des cubes. M. Bouguer est disposé à admettre des parties de la matière qui agissent suivant différentes loix. (*Entretiens sur les causes des inclinaisons des planetes*, p. 51). Mais sans recourir à cette diversité de loix qui répugne à la simplicité de la nature, il semble qu'on peut attribuer ces différences apparentes à la figure des corpuscules primitifs & des élémens des corps ; figures, qui, comme on sait, changent beaucoup l'attraction de la masse.

les admettre, il faudroit imaginer deux matières différentes par leur nature & par leur force d'attraction (*a*). M. Clairaut répondoit que si son expression de l'attraction n'avoit pas la simplicité d'une cause unique, il falloit s'en prendre au langage inventé par les hommes; c'est la faute de l'algèbre, qui ne peut s'exprimer mieux (*b*). Cette excuse eût pu être admise; si elle avoit été nécessaire; mais la raison de M. de Buffon, conforme à l'analogie & à la métaphysique des choses, n'en étoit pas moins forte & pressante. La dispute finit, parce qu'elle n'eut bientôt plus d'objet. Si M. Clairaut fut entraîné par une erreur dans le parti extrême de changer la loi de l'attraction, il eut pour complices les deux plus célebres Géometres de l'Europe, M. d'Alembert & M. Euler: il fut le premier à reconnoître cette erreur (*c*); il s'empressa d'en faire le désaveu & à la Société royale de Londres, & à l'Académie des Sciences de Paris, le 17 Mai 1749 (*d*). Une quantité négligée dans l'approximation en étoit la source: le principe de l'attraction fut donc rétabli dans toute son intégrité, & M. Clairaut eut la gloire de le reconcilier avec la nature. M. d'Alembert & M. Euler revirent leurs calculs (*e*), & ils trouverent la cause de l'erreur à la même source, où les mêmes difficultés les avoient tous trois également trompés.

La solution du problême, qui fait tant d'honneur à notre siecle, appartient donc également à MM. Clairaut, d'Alembert & Euler: les successeurs d'Alexandre se sont partagé son empire; le sceptre de Newton a passé dans les mains de ces trois Géometres. Newton avoit régné seul: il peut être pénible d'avoir des émules, & sur-tout des égaux; on n'a qu'une part dans la

---

(*a*) Mém. Ac. Sc. 1745, p. 493, 551, 580.

(*b*) *Ibid.*, p. 529, 578, 583.

(*c*) M d'Alembert, Recherches sur le systême du monde, Dis. prél. p. XXXIX.

(*d*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1745, p. 578.

(*e*) Transactions philosophiques, 1751, p. 264.

gloire acquiſe, dans l'admiration du ſiecle, & dans la reconnoiſſance des âges, mais il eſt beau de ne trouver des égaux qu'au premier rang! Comme perſonne ne peut être comparé à Newton, ce grand homme ne doit faire envie à perſonne : il eſt l'auteur d'une illuſtre famille; il a laiſſé pluſieurs enfans auſſi nobles que lui. Si cette rencontre & cette concurrence ont quelque déſagrément pour les inventeurs, elles ſont heureuſes pour l'eſprit humain. La foule qui écoute, acquiert bien plutôt la certitude. Les mêmes réſultats, ſortis de pluſieurs mains, produits par différens examens, conduiſent plus promptement à l'évidence, & ſoumettent plus facilement les eſprits.

Il réſulte du travail de ces trois Géometres une confirmation complette du ſyſtême de Newton. L'apogée, les nœuds de la lune ſe meuvent, le plan de l'orbite s'abaiſſe & s'éleve, comme ſa loi l'ordonne. Les grandes inégalités déjà obſervées, en dérivent naturellement; les petites s'accumulent pour que le calcul puiſſe ſuivre dans le ciel cette planete ſi long-tems rebelle, & s'arrêter préciſément au lieu déſigné par l'obſervation. Les Tables du mouvement de la lune que M. Clairaut a conſtruites ſur la ſolution particulière du problême des trois corps, repréſentent toutes ces obſervations avec une préciſion qu'il paroît difficile de ſurpaſſer. M. Mayer, Aſtronôme & Géometre de Gœttingue, a comparé la théorie avec les phénomènes, & a eſſayé de rectifier toutes les inégalités ſur un grand nombre d'obſervations; ce n'eſt donc plus le réſultat de la ſeule théorie : on ne peut cependant blâmer M. Mayer, puiſque M. Clairaut s'eſt également permis cette eſpece de correction. Auſſi quoique les Tables de l'Aſtronôme aient été louées, comme elles le méritent, & qu'elles aient eu part au prix de la longitude en Angleterre, celles de M. Clairaut ne leur cedent en rien. Plus de 500 lieux de la lune, récemment calculés par

M. Lemery, prouvent que les Tables de M. Clairaut donnent le plus ſouvent, comme celles de M. Mayer, une erreur au-deſſous d'une minute; il y a même cela de remarquable, que quoique M. Clairaut ait rectifié ſa théorie & ſes coefficiens ſur les phénomènes, M. Euler (*a*), en n'employant que la théorie ſeule, a retrouvé les mêmes quantités. M. Clairaut eût donc pu y arriver, en pouſſant plus loin le calcul, ce qui démontre les forces de cette théorie & le mérite de la ſolution. Tout dépend aujourd'hui des méthodes d'approximation; elles viennent d'être perfectionnées par MM. Euler, d'Alembert, la Grange, Condorcet & la Place (*b*). Nos eſſais ſucceſſifs, qui tendent vers la perfection, ſans jamais l'atteindre, ſont l'inconvénient de ces méthodes: en commençant un calcul long & pénible, en avançant dans ce labyrinthe, on écarte, pour ſimplifier, les quantités qui ſemblent pouvoir être négligées; il faut toujours marcher la balance à la main, pour peſer leur influence, ou préſente, ou éloignée. Il réſulte toujours quelque incertitude de ces eſtimations délicates. On doit encore s'étonner que l'eſprit humain n'ait pas manqué la route à travers ces difficultés; il faut le louer d'avoir approché ſi près du but. La loi de Newton eſt parfaitement vérifiée; ce ſuccès ſuffit à la philoſophie, qui demande le méchaniſme ſecret des mouvemens céleſtes. Si nous deſirons davantage, c'eſt que Newton & les Géometres du ſiecle préſent nous ont rendu difficiles.

Il reſtoit un problême important ſur lequel Newton n'avoit point entiérement ſatisfait la curioſité, ni tranquilliſé la philoſophie, dont le doute eſt le caractère; c'eſt le problême de la préceſſion des équinoxes. Nous avons dit qu'elle étoit

(*a*) *Theoria motuum lunæ*, 1772.
(*b*) Euler, *Ibid.*
M. d'Alembert, Opuſcules math. & Mém. de Turin,
M. de la Grange, Mém. de Turin, T. III.
M. de Condorcet, Mém. Acad. Scien. 1769, 1771.
M. de la Place, *Ibid.* 1777.

l'imperfection & l'incertitude de la solution de ce grand homme (*a*). Cette question est une des plus intéressantes du systême du monde : chaque année les équinoxes rétrogradent de cinquante secondes, les étoiles s'avancent le long de l'écliptique de la même quantité ; & depuis que l'Astronomie est cultivée, elles ont peut-être parcouru sous nos yeux le quart du zodiaque (*b*). Newton avoit bien trouvé par sa théorie cette quantité de cinquante secondes : il l'avoit dit ; mais il falloit de la foi pour le croire. Génie supérieur, il avoit mérité cette foi ; mais il étoit homme, il pouvoit se tromper. La Géométrie ne reconnoît aucune autorité, pas même celle de Newton ; & c'est tout dire : son essence est de conserver la vérité, qui n'a que cet asile sur la terre. Un autre phénomène récemment découvert demandoit une explication : c'est ce petit mouvement apperçu dans les étoiles par le célebre Bradley ; c'est cette nutation de l'axe que cet Astronôme avoit attribuée à l'action de la lune sur le globe, où elle opere un balancement semblable à celui que le soleil doit y causer, & que Newton avoit annoncé. Ces vues de Bradley étoient vraisemblables : mais une cause soupçonnée n'est pas une cause reconnue ; la gloire de la démonstration restoit entière. Il falloit, pour la nutation, comme pour la précession, demander compte à la lune de son action, voir comment les différentes parties du globe lui étoient différemment soumises ; & au milieu de tous ces effets particuliers, calculer les effets généraux qui en résultent & qui peuvent se manifester. M. d'Alembert pensa qu'il falloit chercher une explication de ces deux phénomènes, en n'employant que les loix connues du mouvement, & l'attraction, en raison inverse du carré des distances. Il attaqua ce beau pro-

(*a*) *Suprà* Tome II, p. 525.

(*b*) Astronomie ancienne, p. 74.

blême avec le même courage & les mêmes ressources qu'il avoit employées pour la lune. Le succès a été complet : il a donné la vraie théorie de ce phénomène ; & en rectifiant celle de Newton, il a eu la gloire de relever quelques erreurs échappées à ce grand homme. Newton avoit dit que le principe de l'attraction donnoit la vraie quantité de la précession des équinoxes, mais il y étoit arrivé par une sorte d'estime; & s'il a été justifié à cet égard, les preuves appartiennent à M. d'Alembert. C'est en calculant les forces du soleil & de la lune pour mouvoir chaque particule du globe terrestre, que M. d'Alembert parvient à déterminer l'effet total qui en résulte sur le globe, c'est-à-dire, le déplacement de son axe. Ce déplacement est exprimé par deux formules, dont la première représente le mouvement circulaire de cet axe autour de l'axe de l'écliptique; mouvement qui est la même chose que la précession constante des équinoxes : la seconde donne le balancement de ce même axe vers l'écliptique; balancement découvert par M. Bradley, & connu sous le nom de nutation (*a*). Newton, nous l'avons dit (*b*), avoit considéré l'anneau, ou la protubérance de la terre à l'équateur, comme partagé en une infinité de lunes, qui circulent autour de son centre, & il avoit dit que leur mouvement étoit le même, soit qu'elles fussent adhérentes, ou isolées. M. d'Alembert est parvenu à la démonstration de ce principe, que Newton n'avoit point donnée. Ce grand homme avoit estimé encore assez vaguement l'action de la lune; il avoit supposé que les mouvemens étoient proportionnels aux forces; enfin & c'est sans doute la principale source de l'erreur, il n'avoit point eu égard au mouvement diurne de la terre, qui, suivant M. d'Alembert, peut porter la précession due au soleil, de dix secondes à vingt-quatre.

(*a*) M. d'Alembert, Rech. sur la précess. des équin. & sur la nutation de l'axe de la terre.

(*b*) *Suprà*, Astronomie mod. Tome II, page 525.

La même cauſe, qui produit la nutation, produit auſſi une inégalité dans la préceſſion des équinoxes. Ces deux phénomènes, la nutation & l'inégalité de la préceſſion appartiennent uniquement à l'action de la lune; la préceſſion à l'action combinée du ſoleil & de la lune. Il y a un inconvénient dans cette recherche, c'eſt que la lune n'ayant point de ſatellite, qui tourne autour d'elle, on ne peut connoître ſa maſſe, ou la quantité de ſon attraction; on ne peut eſtimer cette maſſe que par d'autres effets, aſſez petits, aſſez difficiles à obſerver pour laiſſer de l'incertitude. Les forces dépendent des maſſes. M. Bernoully a déduit du phénomène des marées que la force de la lune pour élever les eaux de la mer, étoit à celle du ſoleil comme deux à cinq (*a*). Dans la recherche préſente, ſi on compare ce que donne, d'une part, la théorie pour la nutation, la préceſſion & ſon inégalité, à ce que de l'autre, l'obſervation donne, ſavoir, dix-huit ſecondes pour la nutation, & cinquante ſecondes pour la préceſſion, on peut en déduire le rapport des forces du ſoleil & de la lune, que M. d'Alembert trouve être de 2 à $4\frac{2}{3}$; cependant, pour repréſenter en particulier le phénomène des marées, il faudroit que ces forces fuſſent dans le rapport de deux à cinq. Cette petite différence dans l'eſtimation & dans le rapport que donnent, pour les mêmes forces, les deux phénomènes de la préceſſion & des marées, montre qu'il y a quelque circonſtance qui modifie ces forces dans l'un ou dans l'autre cas. M. d'Alembert penſe que cette circonſtance eſt le défaut d'homogénéité dans l'intérieur de la terre. L'applatiſſement du globe nous avoit déjà conduit à cette concluſion. Mais ce qui eſt un grand avantage de la théorie de M. d'Alembert, c'eſt qu'il démontre

(*a*) Traité ſur le flux & le reflux, piece des prix de l'Académie, Tome IV.

que quelle que ſoit la denſité des couches intérieures, le rapport entre la préceſſion & la nutation reſtera le même. On pourra donc toujours comparer ces deux phénomènes, quoiqu'on ignore cette denſité. Deſtinés, comme nous le ſommes, à ne parcourir que la ſurface de la terre, à ne jamais pénétrer fort avant au-delà de cette ſurface, & à ignorer toujours l'organiſation profonde & centrale du globe, c'eſt un grand point de pouvoir nous paſſer des connoiſſances qui nous ſont refuſées. M. d'Alembert eſt le premier qui ſoit entré dans cette route après Newton : il y a porté la lumière & la certitude ; & il a donné la première ſolution rigoureuſe de cet important problême. M. Euler, à peu-près dans le même tems, en a donné une autre ſolution (*a*) ; mais ſi les deux Géometres ſe ſont encore rencontrés, M. Euler s'eſt fait honneur de céder à M. d'Alembert toute priorité de recherche à cet égard.

Le phénomène du flux & du reflux de la mer eſt aſſez remarquable, & par ſa conſtance, & par ſes variations, pour qu'on cherche à l'approfondir. L'Académie des Sciences de Paris en demanda la cauſe & l'explication pour le ſujet du prix de 1740 : quatre pieces partagerent ce prix, l'une du P. Cavalleri, Jéſuite, fondée ſur les tourbillons, eſt enſevelie dans leur ruine ; les trois autres étoient de MM. Euler, Mac-Laurin, Daniel Bernoully. Celles-ci fondées ſur le principe de la gravitation, ont pour garans de leur durée la ſolidité de ce principe, & le mérite éminent de leurs auteurs. M. Daniel Bernoully, que cet ouvrage & beaucoup d'autres ont placé à côté de ſes peres, a rectifié le calcul de Newton, qui avoit donné à la lune trop d'empire ſur les eaux. Newton lui avoit ſuppoſé une force pour élever la mer, qui étoit à

(*a*) Mémoires de l'Acad. de Berlin, 1749.

celle du soleil comme $4\frac{1}{2}$ est à 1. M. Bernoully, comme nous l'avons dit, restreignit ce rapport à celui de $2\frac{1}{2}$ à 1, ou de 5 à 2. Newton n'avoit donné qu'un apperçu de la solution de ce problême; il avoit montré que le soleil & la lune pouvoient élever les eaux de la mer, plutôt qu'il n'avoit suivi en détail les effets de ces deux puissances. Newton, dans le besoin de comparer sa théorie à la nature entière, l'appliquoit successivement à tous les phénomènes; pressé d'achever une longue carrière, un accord apparent, que le tact du génie savoit apprécier, lui suffisoit. On peut dire que le problême du flux & du reflux n'étoit pas résolu: il le fut, & il avoit deux grandes difficultés; l'une, que tandis que l'astre marche dans son orbe en attirant les molécules de la mer, la terre tourne sur elle-même, & emportant ces molécules avec elle, les éloigne de l'action qui les éleve; l'autre, que ces eaux, obligées de se mouvoir pour obéir à cette action, frottent dans leur marche contre le fond, contre les côtes, se détournent quand ces côtes font obstacle, se nuisent elles-mêmes par leur inertie, & trouvent dans leur ténacité une résistance qu'il faut vaincre. Ces causes secondaires modifient le mouvement des eaux & changent l'effet de l'action des astres. Newton n'avoit point considéré ces résistances; il avoit supposé un astre sans mouvement, élevant ou abaissant les eaux sur un globe immobile. Nous ne pouvons étendre nos connoissances, approfondir la nature qui se défend par mille difficultés, qu'en isolant ces difficultés, pour les attaquer & les lever les unes après les autres. M. Bernoully & les deux Géometres ses émules ont considéré d'abord, comme Newton, un astre sans mouvement, agissant sur un globe immobile; mais après cette première solution, ils ont rendu le mouvement à l'astre & au globe, & ont cherché par des méthodes d'approximation ce que ce mou-

vement pouvoit changer à leur premier résultat. C'est ainsi qu'on passe à côté d'une difficulté, quand le tems n'est pas venu de la vaincre. M. Euler a calculé l'effet de l'inertie des eaux & de leur résistance dans les hypothèses les plus vraisemblables. M. d'Alembert a traité la même question dans ses réflexions sur la cause des vents: il en a donné même les équations générales; mais il a été arrêté par la difficulté d'intégrer. Car pour remonter aux grandeurs, ce calcul inventé par Newton, constamment étendu & perfectionné de nos jours, nous manque encore à tous momens. Mais ce qui est très-remarquable, c'est que dans ce même ouvrage, où M. d'Alembert, parvenu à des intégrations alors impossibles, recouroit à des suppositions pour éluder une difficulté insoluble, il a fourni lui même les moyens de la vaincre, en découvrant une nouvelle branche du calcul intégral, celle des équations aux différences partielles. Cette invention est la source d'une infinité de progrès; c'est un nouvel instrument entre les mains de l'analyste, & un moyen de plus pour la recherche des causes. En conséquence de ces progrès, M de la Place a cru devoir retraiter en 1777, dans toute leur généralité les questions du flux & du reflux de la mer, & de la précession des équinoxes. La Géométrie avoit alors des forces plus puissantes. Quelques phénomènes du flux & du reflux n'étoient point expliqués par la théorie, ou même ses résultats paroissoient contraires à la nature; cette théorie, par exemple, donnoit des différences assez considérables entre les deux marées d'un même jour, & l'observation démontroit que ces marées étoient sensiblement égales. Ce n'étoit pas une raison de douter de la cause, mais l'explication restoit incomplette; il étoit clair que la théorie, embarrassée par les difficultés, s'étoit égarée dans sa marche, & n'avoit pas tout embrassé. M. de la Place a donc déterminé

l'effet des forces du ſoleil & de la lune ſur les eaux, en ayant égard à l'oſcillation & à la réſiſtance de ces eaux, en laiſſant les aſtres ſe mouvoir dans ſa ſolution, comme dans la nature; & cette ſolution eſt rigoureuſe, quelle que ſoit la denſité du fluide, & le mouvement de l'aſtre qui le ſouleve. La profondeur de la mer eſt une circonſtance qui modifie le phénomène; il faudroit donc connoître l'une pour calculer l'autre; mais ce n'eſt pas ainſi que nous opérons, nous à qui les cauſes ne ſont dévoilées que par les effets. On nous donne ici un moyen de déterminer la profondeur de la mer; nous n'avons qu'à faire différentes hypothèſes, la vraie profondeur ſera celle qui repréſentera le mieux les marées obſervées. La théorie montre que cette profondeur eſt partout à peu-près la même ſur le globe, & ſeulement un peu plus grande au pôle qu'à l'équateur. Les marées ſont d'autant plus hautes qu'elle eſt plus petite; enfin, pour ſatisfaire à tout, il faut ſuppoſer que cette profondeur eſt d'environ quatre lieues; alors les deux marées du même jour, qui différoient dans les premières ſolutions de la théorie, ſont ſenſiblement égales dans ce nouveau calcul, comme dans l'obſervation (*a*). M. de la Place n'a point traité des autres phénomènes du flux & du reflux: il eſt revenu ſur ces queſtions pour reprendre & ſoumettre les difficultés laiſſées en arrière; il n'a rien trouvé à ajouter aux déterminations des Géometres ſes prédéceſſeurs.

Mais cette maſſe fluide qui couvre une partie de la terre, qui ſe meut pour obéir à l'action des aſtres, & retomber par ſon poids, ne peut-elle pas avoir quelqu'influence ſur la préceſſion des équinoxes & ſur la nutation de l'axe de la terre? Newton & les Géometres, qui depuis lui ont traité cette

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1776, p. 525.

queſtion, avoient conſidéré la terre omme un globe entiérement ſolide. Les dérangemens de ce globe, les petits mouvemens qu'il reçoit ſont-ils les mêmes, lorſqu'il a ſeulement une maſſe compacte & ſolide, ou lorſque cette maſſe eſt recouverte d'un fluide plus ou moins profond ? La différence pourroit être ſenſible. Quelqu'hypothèſe que l'on adopte ſur la figure & la denſité des couches terreſtres, ſur la profondeur & la denſité de la mer, les loix, la marche, les rapports de la préceſſion & de la nutation, comme l'a dit M. d'Alembert (*a*), ſont immuables ; mais il n'en eſt pas de même de la quantité abſolue de ces phénomènes. Il y a telle de ces hypothèſes, qui, en ayant égard à l'influence de la mer, donneroit la préceſſion nulle, & telle autre qui la feroit dépendre toute entière de cette influence. M. de la Place parvient même à ce résultat, que ſi on ſuppoſe la terre homogène, & d'une denſité égale à celle de la mer, il n'y aura ni préceſſion, ni nutation. Or ces ſuppoſitions ſont celles que Newton a adoptées pour déterminer le flux & le reflux de la mer, & la figure de la terre. S'il les avoit ſuivies dans la recherche de la préceſſion des équinoxes, plus la ſolution auroit été exacte, plus elle auroit été en erreur. Nous ne diſſimulons rien, puiſque nous diſons les fautes de Newton : mais la maturité des ſiecles, qui eſt le fruit de l'expérience & du génie, juge & corrige le génie même ; l'âge perfectionne les ſciences, comme il inſtruit les hommes. Nous avons une préceſſion & une nutation, parce que la denſité de la mer n'eſt point égale à celle de la terre, parce que notre globe n'eſt point homogène. Enfin la profondeur, partout à peu près égale de la mer, déjà prouvée par l'égalité des deux marées du même jour, rend ces mouvemens

(*a*) *Suprà*, p. 160.

du globe entiérement indépendans de ceux du fluide qui le couvre(*a*). La nouvelle considération, introduite dans le calcul par M. de la Place, ne change donc rien aux déterminations de M. d'Alembert; mais il étoit nécessaire de le savoir. Lorsque nous ajustons nos théories aux opérations de la nature, on ne peut être tranquille qu'après avoir tout considéré & tout pesé. On a fait une découverte, quand on a montré qu'une cause existante est balancée, & que son effet est insensible.

Ces mouvemens de précession & de nutation ne sont point particuliers à la terre; ils appartiennent à tous les globes, qui s'écartent de la figure sphérique, & sont renflés dans quelques-unes de leurs parties. Ce renflement, plus attiré que le reste par les corps voisins, reçoit des mouvemens particuliers qu'il communique à la masse du globe. Non seulement la lune doit être, comme la terre, un peu élevée à son équateur; mais, nous l'avons dit (*b*), sa constance à nous présenter toujours la même face, soumettant toujours les mêmes parties à l'action que nous exerçons sur elle, doit la rendre un peu alongée, dans le sens de celui de ses diametres qui est dirigé vers nous.

Newton avoit examiné en Géometre les conséquences de cette figure de la lune. Il pense que c'est en vertu de cet alongement que la planete nous présente toujours la même face; il a cru que c'étoit aussi la cause de sa rotation. Cette protubérance attirée par la terre, tend toujours à revenir en face de nous, au moins par des oscillations; c'est là son point de

(*a*) Mémoires de l'Aca. des Scien. 1776, p. 229; 1777, p. 329.

M. de la Place est parvenu à ce théorême. Si l'on suppose que la terre est un ellipsoïde de révolution recouvert par la mer, la fluidité des eaux ne nuit en rien à l'effet des attractions du soleil & de la lune sur la précession & la nutation, en sorte que cet effet est entiérement le même que si la mer formoit une masse solide avec la terre. *Ibid.* 1777, p. 331.

(*b*) *Suprà*, p. 53.

repos. Mais pour que le sommet de cette protubérance soit sans cesse ramené vis-à-vis de la terre, il faut que la lune tourne peu à peu, en même tems qu'elle décrit son orbe, & que pendant la durée qu'elle y emploie, elle acheve une révolution entière autour d'elle-même. (*a*) M. d'Alembert (*b*) s'étoit déjà occupé dès 1754 & 1761 (*c*) de cette question analogue à celle de la précession des équinoxes; c'étoit un cas particulier de sa solution générale. Il ne pense pas, comme Newton, que la figure alongée de la lune ait pu produire sa rotation: cet alongement n'est que de 186 pieds; c'est une bien petite cause pour un si grand effet. Quoi qu'il en soit, la figure de ce globe, les phénomènes observés dans le mouvement de ses nœuds étoient assez singuliers pour que l'on fût curieux d'en connoître les causes. Elles furent le sujet du prix donné en 1764 par l'Académie des sciences de Paris, & remporté par M. de la Grange. M. de la Grange trouve qu'en conséquence de l'alongement de la lune vers la terre, la lune est assujettie à une oscillation autour de son axe, qui accélere ou retarde sa rotation, & dont l'effet total & constant a été d'altérer cette rotation primitive, jusqu'à ce qu'il l'ait amenée insensiblement au point de l'égalité avec la révolution périodique; égalité qui est le phénomène le plus singulier de notre système. Cette conclusion est vraisemblable: l'analogie nous autorise à croire que quelle que soit la cause qui fait tourner les planetes sur elles-mêmes, cette cause doit être générale & la lune n'a pas dû y échapper plus que les autres corps célestes. On concevroit avec peine comment une légère altération de figure dans la lune a pu lui créer un mouvement de rotation; mais

(*a*) Princip. math. Lib. III, Propos. 38.
(*b*) Rec. sur le syst. du monde, T. II. p. 256.
(*c*) *Ibid.* p. 243, & dans le second volume de ses opuscules.

on conçoit que cette altération de figure a pu modifier la rotation, & amener l'identité des deux mouvemens. Cette figure alongée fournit encore l'explication d'un autre phénomène auſſi extraordinaire ; c'eſt celui qui a été remarqué par Jacques Caſſini. Les nœuds de l'équateur & ceux de l'orbite lunaire doivent reculer d'un pas égal, & dès qu'ils ont été vus au même lieu, ils ne doivent jamais ſe quitter (*a*). M. de la Grange a même mandé depuis peu à M. de la Place que ce phénomène étoit ſi bien une conſéquence immédiate de la théorie, que ſes calculs le lui auroient fait découvrir, quand même il n'eût pas été reconnu par l'obſervation. M. d'Alembert a repris les premiers principes établis par lui en 1754 ; il les a développés dans deux mémoires en 1768 (*b*), & les deux célebres Géometres ſe ſont trouvés entiérement d'accord. Les phénomènes les plus ſinguliers ſont donc les effets néceſſaires de la gravitation ; ceux qu'on ne voit pas, deviennent les cauſes de ceux qu'on apperçoit. Cet alongement de la lune, qui eſt un effet néceſſaire, mais inobſervé de ſa gravitation vers la terre, eſt la cauſe ſecondaire de ſa conſtance à nous montrer la même face, & de la ſingularité obſervée dans les mouvemens de ſes nœuds.

Voilà ce que la Géométrie a fait pour expliquer les phénomènes qui ont lieu ſur les globes des planetes. Si nous paſſons au mouvement de ces globes dans leurs orbes, le même principe qui les enchaîne dans des ellipſes, doit expliquer leurs écarts de la loi générale. On a examiné d'abord la lune, dont les inégalités ſont plus ſenſibles & plus intéreſſantes ; d'ailleurs cette première ſolution devenoit générale, puiſqu'on retrouve partout le problême des trois corps. Après la lune, il n'eſt

(*a*) Piece du prix pour 1764. *Suprà*, p. 54. (*b*) Mém. Ac. des Sc. 1768, p. 1 & 332.

point de planetes qui aient montré des écarts plus ſenſibles que Saturne & Jupiter; c'étoit donc par ces planetes que devoit commencer l'hiſtoire de ces dérangemens. Ce fut le ſujet de deux prix propoſés par l'Académie des Sciences de Paris pour 1748 & 1752, & remportés tous les deux par M. Euler; M. Euler à qui l'on doit une des premières ſolutions du problême des trois corps; M. Euler qui a tout embraſſé, & tout perfectionné dans l'analyſe & dans la ſcience du mouvement; aujourd'hui vieillard illuſtre, privé de la vue, mais conſervant encore ſon génie, & glorieuſement aſſis à la fin d'une longue carrière. Il réſulte de la profonde théorie qui eſt renfermée dans ſes deux ſolutions, que les inégalités de Jupiter & de Saturne naiſſent naturellement de leur gravitation mutuelle; elles forment pluſieurs équations qui ſont les quantités dont le mouvement régulier, elliptique, produit par l'action du Soleil, eſt troublé par celle de la planete voiſine, c'eſt-à-dire, de Jupiter, lorſqu'il s'agit de Saturne, & de Saturne, lorſqu'il s'agit de Jupiter. Il y a une choſe très-remarquable dans cette théorie; elle naît d'une difficulté du problême des trois corps, particulière à la queſtion propoſée. Quand on a traité des dérangemens que le Soleil cauſe à la Lune, le Soleil, quoique puiſſant eſt très-éloigné, le rapport de ſa diſtance à celle de la Lune eſt toujours une fraction aſſez petite; & dans la néceſſité des approximations on a l'effet de l'action perturbatrice par une ſuite de quantités qui diminuent ſucceſſivement, mais aſſez rapidement pour qu'on puiſſe négliger les dernières. Dans le cas de Jupiter troublant Saturne, la diſtance mutuelle de ces deux planetes eſt ſouvent preſque égale à celle de Jupiter même au Soleil; la fraction qui en réſulte eſt très-grande & preſque égale à l'unité. Alors la méthode d'approximation donneroit une ſuite de termes qui ne décroîtroient pas aſſez vîte

vîte ; il faudroit en employer un nombre infini. M. Euler a levé cette difficulté de la manière la plus heureuſe : l'idée appartient à l'hiſtoire de la Géométrie ; nous n'en parlons ici que pour faire honneur au génie, & parce qu'elle a été la clef de toutes les recherches de ce genre. M. Mayer, Aſtronôme de Goettingue, a comparé cette théorie de M. Euler aux obſervations, & les obſervations ont montré qu'elle étoit conforme aux phénomènes, c'eſt-à-dire, que le calcul employant les petites équations de la théorie, repréſentoit mieux le mouvement de la planete. Mais ces dérangemens ſont périodiques ; ils croiſſent, s'arrêtent, diminuent pour recommencer dans le même ordre, après vingt ou trente années. On n'y retrouve point l'inégalité par laquelle depuis vingt ſiecles le mouvement de Saturne ſe ralentit, tandis que celui de Jupiter eſt accéléré. Ces altérations conſtantes, & qui s'accumulent avec le tems, ont forcé les Aſtronômes, fidelles à ſuivre la nature, d'introduire dans leurs calculs des équations indiquées par cette même nature, mais dont la cauſe étoit inconnue. Ce ſont ces équations qu'on nomme ſéculaires, parce qu'elles ſont néceſſitées par les ſiecles & qu'elles croiſſent avec eux. Comme la cauſe de cette inégalité eſt encore une queſtion, nous n'en parlerons que dans le diſcours ſuivant ; nous indiquons ici les pas fermes & sûrs de la Géométrie, & nous ne rapportons que ſes oracles.

Ces preuves ſenſibles, dans le mouvement de Jupiter & de Saturne, des perturbations que ſe cauſent mutuellement ces deux planetes, annonçoient que toutes les autres devoient avoir & des actions, & des inégalités ſemblables. Celle dont le mouvement nous intéreſſe le plus, eſt la Terre qui nous porte, ou le Soleil à qui nous attribuons ſon mouvement par une vieille erreur qui n'eſt plus que dans le langage. Le Soleil

donc eſt l'aſtre dont il nous eſt le plus important de connoître le mouvement apparent : ce mouvement eſt la meſure de tous les autres ; il n'y a preſque point de calcul qui ne ſuppoſe un lieu du Soleil. Si nous manquons de Tables exactes pour le calculer, chaque pas que nous voudrons faire ſera une erreur. Les Tables de cet aſtre ſont un préſent que M. de la Caille a fait à l'Aſtronomie & à ſon ſiecle ; elles ſont aſſez bonnes pour effacer toutes les autres plus anciennes, & pour reſter long-tems les meilleures. Mais la Terre doit obéir à l'action des planetes voiſines ; Jupiter, Vénus, la Lune même peuvent déranger plus ou moins ſa courſe annuelle, & ces dérangemens nous ſeront ſenſibles dans la marche apparente du Soleil. L'Académie des Sciences de Paris demanda pour le ſujet du prix de 1756, la théorie de ces dérangemens. M. Euler, qui le remporta, prit un point de vue plus vaſte ; il établit une théorie générale de l'action mutuelle de deux planetes quelconques l'une ſur l'autre. La Terre troublée par Jupiter, Vénus ou la Lune, n'en étoit qu'un cas particulier (*a*). M. Clairaut traita auſſi cette queſtion dans un très-beau Mémoire ; il donna toutes les inégalités que ces trois planetes cauſent au mouvement de notre globe (*b*). M. de la Caille ſe hâta d'enrichir ſes Tables du Soleil de ce nouveau moyen de perfection. Le calcul (*c*) devint encore plus conforme aux obſervations, & grace à la Géométrie, les réſultats de la ſcience humaine approcherent de plus près ceux de la nature. M. de la Lande appliqua cette théorie de M. Clairaut au mouvement de Mars, troublé d'un côté par Jupiter, & de l'autre par la terre. Ces inégalités peuvent monter à deux minutes (*d*), & par conſé-

(*a*) Recueil des prix, Tome VIII.

(*b*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1754, p. 521.

(*c*) Mem. de l'Acad. des ſcienc. 1757 p. 116.

(*d*) *Ibid.* 1757, p. 204; 1761, p. 259.

quent ne doivent pas être négligées. M. Mayer y appliqua également la théorie de M. Euler, & trouva les mêmes quantités. M. de la Lande détermina ensuite les inégalités de Vénus; elles peuvent aller à trente secondes (*a*). Le P. Walmesley, Géometre Anglois, connu par plusieurs recherches analytiques, & entr'autres par celle du mouvement des apsides des planetes, a calculé ces inégalités de Vénus, & a trouvé des résultats conformes à ceux de M. de la Lande (*b*).

Tous ces dérangemens que les planetes se causent sont semblables à ceux que la Lune éprouve du Soleil; ce sont d'abord des inégalités dans le mouvement qui leur fait parcourir leur orbite; mouvement ralenti dans une partie de la course, & précipité dans l'autre: c'est ensuite un petit mouvement imprimé aux lignes des apsides & des nœuds, mais direct pour les apsides, & rétrograde pour les nœuds; c'est enfin un changement encore plus leger dans l'angle de l'inclinaison de l'orbite (*c*). Ces altérations plus grandes, plus sensibles dans l'orbe de la Lune, parce que le Soleil qui les produit est puissant, sont très-foibles dans les autres orbes, où elles sont dues à des planetes bien inférieures en force. Ce sont les mêmes effets, mais en petit.

Ces legers mouvemens des apsides & des nœuds des planetes sont plus ou moins d'accord avec les observations, parce que les observations sont plus ou moins incertaines sur la détermination de ces quantités, qui ne peuvent se manifester qu'en s'accumulant, & dont le tems amene & perfectionne lentement la connoissance. Mais comme l'industrie de l'homme se

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1760, p. 309.

(*b*) Transf. philos. 1761, p. 300.

(*c*) Ce changement de l'inclinaison, produit par les perturbations étrangères, n'est sensible que dans l'orbite de la Lune; il est infiniment petit dans toutes les autres planetes.

replie pour affiéger la nature de tous côtés, cette industrie finit toujours par trouver quelque part les preuves des choses dont elle a trouvé ailleurs les indices. Les nœuds de l'orbite de la terre, c'est-à-dire de l'écliptique, rétrogradent par la loi générale, sur les orbites de Jupiter & de Vénus, en vertu de l'action de ces deux planetes. Si l'observation cherchoit directement les preuves de ce mouvement constant, mais lent, il faudroit des siecles pour les développer. Deux phénomènes connus & observables vont le manifester : l'un est le changement de la latitude des étoiles; l'autre est la diminution de l'obliquité de l'écliptique. Tout cercle tracé dans le ciel, a nécessairement des relations avec les autres cercles de la sphère; ces relations dérivent de sa position actuelle: il ne peut changer à l'égard d'un de ces cercles, sans changer de relations avec tous les autres. Notre écliptique coupe l'équateur, par exemple, en certains points, & sous un certain angle, elle ne peut rétrograder & se mouvoir sur l'orbite de Vénus & de Jupiter, sans se mouvoir aussi à l'égard de l'équateur, sans le couper en d'autres points (*a*) & sous un autre angle. Il résulte de ce mouvement que l'écliptique s'approche ou s'éloigne de certaines étoiles, comme M. Cassini l'a remarqué le premier en 1734 par les observations (*b*), & comme M. Euler l'a démontré en 1748 par la théorie (*c*). Les latitudes des étoiles ne sont plus aujourd'hui ce qu'elles étoient au tems d'Hypparque & de Ptolémée, & elles ont augmenté ou diminué conformément

(*a*) Dès que les sections de l'écliptique & de l'équateur, c'est-à-dire, les équinoxes sont changées, la précession constante des équinoxes doit être altérée par cette même cause; elle doit être différente dans les différens siecles, & n'est plus la même aujourd'hui qu'elle étoit il y a 2000 ans. La quantité de cette altération est très-petite, l'observation seule n'eût pu nous la dévoiler; c'est une lumière & un bienfait de la Géométrie.

(*b*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1734, p. 115.

(*c*) Piece du prix, p. 79.

à la cause indiquée par M. Euler. Voilà donc le premier phénomène qui nous révele le mouvement de l'écliptique. Ce n'est pas tout; nous avons dit que l'angle de l'écliptique avec l'équaquateur, l'angle que nous nommons l'obliquité de l'écliptique, devoit être altéré ; cette altération est une diminution. En effet, depuis Eratosthènes & Hypparque, on a observé que l'obliquité de l'écliptique sembloit devenir toujours plus petite; en sorte que nous trouvons aujourd'hui vingt-trois minutes de moins sur cet angle qu'Eratosthènes. Quoique cette quantité soit sensible, on a disputé long-tems ; les Astronômes se sont partagés pour adopter ou pour nier cette diminution ; Mais on ne peut plus en douter, depuis que M. Euler a fait voir qu'elle étoit une conséquence de la théorie (*a*). Voilà donc le second phénomène qui constate le mouvement, d'ailleurs insensible, imprimé à notre orbite par l'action des astres voisins. Cette diminution de l'obliquité de l'écliptique est réelle & constante dans les circonstances actuelles où la terre se trouve à l'égard des planetes. Si l'observation & la théorie sont d'accord pour constater l'existence & la cause de cet effet, elles ne sont pas dans le même cas relativement à sa quantité: l'observation n'est pas plus d'accord avec elle-même que la théorie; elle varie depuis une minute jusqu'à trente secondes de diminution dans un siecle (*b*). Mais ces incertitudes ne doivent point étonner dans les observations; les anciennes sont trop grossières, les modernes sont trop proches les unes des autres : nous avons besoin d'un siecle encore pour fixer cette petite quantité. Ces incertitudes n'ont rien de plus singulier dans la théorie; on est obligé d'employer des élémens tels que

(*a*) Mém. Ac. de Berl. T. X, 1754, p. 320.

(*b*) M. Cassini le fils nous a dit que ses recherches sur l'obliquité de l'écliptique, déterminée par les observations, tendoient toutes à le convaincre de plus en plus que la diminution constante est inégale, tantôt plus, tantôt moins forte dans le même intervalle de tems.

la masse de Vénus, qui ne peuvent être évalués que d'une manière hypothétique. On ne doit donc en attendre qu'un résultat incertain & vague, du moins dans certaines limites; il paroît seulement que la théorie donne plus que l'observation. Cette différence appartient peut-être à quelque cause inconnue, ou à l'imperfection de nos méthodes. Les bornes de notre nature se retrouvent partout; nous n'avons des lumières que pour aller jusqu'à un certain terme, où ces lumières nous manquent, & où l'obscurité commence. Mais en-deçà de ce terme où subsiste une clarté vive & qui n'a rien de trompeur, nous pouvons dire que la diminution de l'obliquité de l'écliptique est un fait de la nature, & que ce phénomène appartient à l'action lente, mais durable des planetes sur l'orbite de la terre. Une remarque intéressante de M. Euler sur cet important objet, c'est que la variation de l'obliquité de l'écliptique est un phénomène périodique. Cet angle n'est point assujetti à une diminution éternelle; celle que nous observons est l'effet d'une oscillation ou d'un mouvement libratoire. Arrivée à une certaine grandeur, l'obliquité de l'écliptique cessera de diminuer & commencera à augmenter, pour s'élever à la grandeur première dont elle est descendue. Il n'est pas possible de déterminer la quantité & la période de cette oscillation; on peut dire seulement que la quantité doit être de plusieurs degrés, & que la période doit embrasser une multitude de siecles. Nous devons remarquer à l'honneur de Kepler, qui fut le fondateur de l'Astronomie physique & le précurseur de Newton, qu'il avoit pensé que l'obliquité de l'écliptique, après avoir decrû pendant un très-long tems, s'arrêteroit pour remonter jusqu'à une certaine grandeur (a). Ce grand homme devinoit tout;

(a) Kepler Epit. Astr. Cop. Lib. VIII. p. 912. Mém. Acad. des Scien. 1734, p. 117.

cent cinquante ans après lui, on croyoit encore que ce changement étoit une diminution ſucceſſive. Il apperçut que ce n'étoit qu'un balancement & un mouvement libratoire. Un coup d'œil ſupérieur lui avoit révélé la raiſon & la marche de ces apparences, comme avant l'invention des lunettes, le même coup d'œil lui avoit fait annoncer la rotation du Soleil ſur ſon axe. Tant de vues toujours vaſtes & ſouvent vraies, ajoutées à de grandes découvertes qui ſont la baſe de l'Aſtronomie théorique, en ont fait un homme très-rare.

Après avoir examiné les perturbations mutuelles des planetes dans le grand empire du Soleil, il étoit naturel de porter ſes regards ſur le domaine particulier de Jupiter, où quatre petits aſtres ſuivent cette planete avec la même obéiſſance, & s'accompagnent dans des orbes aſſez ſerrés les uns près des autres, pour qu'une proximité fréquente les expoſe à des dérangemens répétés & ſenſibles. Nous avons expoſé dans le livre précédent ce que l'obſervation nous avoit appris des phénomènes propres à ces quatre ſatellites; un des premiers de ce genre eſt celui du mouvement des nœuds du quatrième, qui devant être rétrograde, ſuivant la théorie de Newton, étoit cependant direct ſur l'orbite de Jupiter. M. de la Lande expliqua ce phénomène d'une manière auſſi ſimple que vraie. Le nœud ſe meut ſur l'orbite de Jupiter par un effet ſecondaire. Quand un ſatellite en dérange un autre, quand les nœuds de ce ſatellite troublé rétrogradent, ſuivant la théorie, c'eſt ſur l'orbite du ſatellite perturbateur. Ce déplacement de l'orbite ne peut avoir lieu ſans en opérer un ſemblable ſur l'orbite de Jupiter; les nœuds y changent de place. M. de la Lande a fait voir par la trigonométrie ſphérique que le premier déplacement pouvoit être rétrograde, conformément à la théorie, tandis que le ſecond ſeroit direct, conformément à

l'obſervation (*a*). Jacques Caſſini avoit déjà fait voir que ſi, au lieu de rapporter à l'écliptique le mouvement des nœuds des planetes, on le rapportoit à l'équateur ſolaire, comme à un cercle plus conſtamment fixe, le mouvement rétrogade ſur l'une, pourroit être direct ſur l'autre (*b*). Chacun de ces ſatellites eſt pour Jupiter ce que la Lune eſt pour nous ; placés dans les mêmes circonſtances, ils doivent avoir le même ſort. Le Soleil doit donc troubler leurs mouvemens, comme il trouble ceux de la Lune, ſeulement avec une influence moins puiſſante, parce qu'il eſt plus diſtant de Jupiter que de la Terre, & que tout s'affoiblit en s'éloignant de la ſource du pouvoir.

Nous avons eſſayé nous-mêmes d'eſtimer ces perturbations : c'étoit le cas de la ſolution du problême des trois corps, & nous y avons appliqué celle de M. Clairaut ; il en réſulte que ces perturbations ſont legères. Une petite équation pour le quatrieme, un leger mouvement dans les lignes des apſides & des nœuds, voilà tout ce que la théorie indique (*c*). M. Euler en 1748, penſa que la figure applatie de Jupiter pouvoit changer très-ſenſiblement les loix de ſon attraction (*d*). Le P. Walmeſley eſt le premier qui en 1758 ait introduit cette conſidération dans le calcul, & nous, ſans connoître ſon travail, mais d'après l'idée de M. Euler, nous l'y avons également introduite en 1762 (*e*). Le P. Walmeſley a trouvé qu'il en réſultoit un mouvement très-ſenſible des nœuds & des apſides (*f*). En effet il ſuit du principe de la gravitation que ſi les parties de la matière, quelque petites qu'elles ſoient, s'attirent toutes en raiſon directe de leur maſſe, & en raiſon inverſe

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1762, p. 230.
(*b*) *Ibid.* 1734, p. 114.
(*c*) Bailly, Mém. Acad. des Scien. 1763, p. 121 & 172.
(*d*) Piece pour le prix de 1748, p. 10.
(*e*) Bailly, Mem. Acad. des Scien. 1763, p. 180.
(*f*) Tranſactions philoſophiques 1758, p. 809.

inverse du carré de leurs distances, les sphères seules, dans le nombre infini des corps composés de ces molécules, & diversement figurés, conservent la même raison d'attraction, & attirent en masse, comme chaque molécule attire en particulier. Toute autre figure que la sphère agit suivant une autre loi. Or nous avons dit *(a)* que si l'attraction ne décroît pas exactement, comme le carré des distances, il en résulte nécessairement un mouvement dans l'apside, les nœuds en éprouvent un semblable. Les sphéroïdes applatis des planetes different peu de la sphère, la loi de la gravité est peu changée; mais dans les choses de la nature, une legère différence peut avoir quelquefois de grands effets. Nous parlerons bientôt de ces effets. La grande question étoit d'examiner l'action mutuelle de ces satellites les uns sur les autres; nous en avons été occupés depuis 1761 jusqu'en 1766 *(b)*. Cette question parut assez importante à l'Académie des Sciences de Paris, pour en faire le sujet du prix de 1766, prix qui fut remporté par M. de la Grange. Si nos recherches nous avoient fait entrer précédemment dans cette carrière, nous ne prétendons point, dans le compte que nous allons rendre ici, nous placer à côté de ce grand Géometre; nous disons sans modestie qu'il nous suffit de marcher à sa suite. M. de la Grange s'est proposé de nouveau le problême des trois corps; il l'a résolu à sa manière, avec son génie, & par une analyse profonde & ingénieuse. Pour nous, nous avons fait usage de la solution que nous avions déjà employée pour déterminer l'action du Soleil; & le premier honneur de nos résultats appartient à M. Clairaut. Si nous citons ici plus nos résultats que ceux de M. de la Grange,

(a) *Suprà*, Hist. de l'Astr. mod. Tome II, page 501.

(b) Bailly, Mém. Acad. des Scien. 1763, p. 377.

c'eſt que notre bonheur a voulu que dans l'explication des phénomènes nous nous ſoyons toujours rencontrés avec ce célebre Géometre. C'eſt encore qu'étant Aſtronômes nous-mêmes, nous avons multiplié davantage les applications aſtronomiques.

La première difficulté de ce problême étoit ſa complication. C'eſt ici le problême des cinq corps, ſi on met à part l'action du Soleil ſur les ſatellites. Pour le réduire au problême des trois corps, il faut ne conſidérer qu'un ſatellite, qui tournant autour de Jupiter, eſt troublé dans ſa marche par un autre ſatellite. Alors ce problême n'eſt aſſujetti qu'aux mêmes difficultés qui ont été vaincues dans la théorie de la Lune, ou plutôt dans celle de Jupiter & de Saturne par M. Euler. La théorie de M. Clairaut y étoit applicable; c'eſt ce que nous avons fait. Mais les quatre ſatellites ſont dérangés à la fois, chacun d'eux l'eſt par les trois autres, il ſubit trois altérations différentes; lorſque ces altérations ont été conſidérées ſéparément, ſi pour une ſeconde approximation, on fait entrer dans le problême les vraies quantités avec les changemens qu'elles ont éprouvés, il en peut naître de nouveaux changemens, ou de nouvelles altérations qui ſoient du même ordre que celles qui ont été obtenues dans la première approximation. Cet inconvénient eſt un vice de la ſolution; car lorſque par un premier calcul, on cherche à connoître à peu-près une quantité, il faut être sûr que tout ce qu'on néglige eſt fort inférieur à ce qu'on doit obtenir. C'eſt cette difficulté du mouvement de pluſieurs corps autour d'un autre, qui a été ſaiſie & réſolue par M. de la Grange: il a pris la queſtion ſous le point de vue le plus général; il a vu les quatre ſatellites ſe déranger à la fois, il a tenu compte de toutes ces altérations & de leur complication; enfin il a réſolu le problême des cinq corps. Si

cette considération n'a point fait connoître de nouvelles inégalités dans les mouvemens des satellites, il étoit essentiel d'être assuré qu'elle n'y changeoit rien. Le coup d'œil qui embrasse tout ce qui tient à la question, donne le dernier degré de confiance à une solution d'ailleurs élégante & profonde.

Une autre difficulté de cette recherche naissoit du défaut de connoissance des masses des Satellites ; ce sont ces masses qui font leurs forces & qui reglent leurs attractions. Il semble donc que la théorie ne peut évaluer ces attractions & examiner leur conformité avec les phénomènes. Mais la Géométrie opere sur les quantités inconnues comme sur celles qui ne le sont pas. M. de la Grange & nous avons pensé que les phénomènes observés serviroient au contraire à déterminer la quantité de ces attractions & de ces masses. Effectivement la théorie a fait voir que le premier & le second satellite n'étoient assujettis chacun qu'à une équation considérable : quoiqu'il y en ait plusieurs, aucune autre ne peut entrer en comparaison. L'équation du premier est due seulement à l'action du second ; l'équation du second est due à l'action combinée du premier & du troisieme. On sent qu'un satellite ne peut être sensiblement troublé que par le satellite qui est au-dessus, & par celui qui est au-dessous. L'équation du premier donne directement, & sans craindre d'erreur, la masse du second ; M. de la Grange & nous l'avons trouvée de la cinquante millieme partie de la masse de Jupiter. Comme l'équation du second appartient à deux actions & à deux masses, elle ne suffit pas seule pour les déterminer ; M. de la Grange a examiné différentes suppositions, & a montré les limites dans lesquelles ces masses devoient être renfermées. Pour nous, nous avons pensé qu'en considérant à la fois l'équation du second & le mouvement de ses nœuds, nous aurions deux quantités données par l'observation,

pour déterminer les deux maſſes. Avant de développer ceci, il faut rapporter la cauſe que nous croyons avoir découverte du mouvement des nœuds & de la variation des inclinaiſons des ſatellites. Nous diſons que nous croyons avoir fait cette découverte, parce qu'elle a été revendiquée par M. de la Lande. Ce n'eſt pas à nous à prononcer; le public jugera ſur les titres (*a*).

La théorie enſeigne que dans le cas des perturbations réciproques des ſatellites, le mouvement rétrograde des nœuds eſt en général aſſez conſidérable, tandis que les inclinaiſons mutuelles de ces ſatellites ſont ſenſiblement invariables. Mais une orbite ne peut rétrograder ainſi ſur un autre, en faiſant toujours le même angle avec elle, ſans que l'angle ou l'inclinaiſon de la première ſur l'orbite de Jupiter ne change, ſans que les interſections ou les nœuds ſur cette même orbite de Jupiter ne changent auſſi. Il ſeroit difficile de ſuivre tous ces effets ſans figures; mais il en réſulte, par exemple, pour le ſecond ſatellite, que tandis que ſes nœuds ſur l'orbite du premier rétrogradent conſtamment & parcourent le cercle entier dans l'intervalle de trente années, ſon inclinaiſon ſur l'orbite de Jupiter diminue d'un degré pendant quinze années, & pendant quinze autres années augmente de la même quantité par un mouvement libratoire, ſemblable à celui qui a lieu pour l'obliquité de l'écliptique; de même les nœuds du ſecond

(*a*) Les titres de M. de la Lande à cet égard ſe trouvent :
Mémoires de l'Acad. des ſcienc. 1762, p. 230.
Aſtron. Tom. I. p. 519, première édit.
Ses réclamations ſont conſignées :
Mémoires de l'Acad. des Scien. 1765, p. 605.
Journal des Savans 1766,
Aſtron. Tom. III. p. 263, deuxieme édit.
Lettre de M. d'Agelet; Recueil des Aſtronômes par M. Bernoully.
L'unique réponſe de M. Bailly eſt dans les Journaux encyclopédiques de 1773.
Ses titres ſe trouvent :
Mémoires de l'Acad. des Scien. 1765, p. 499.
Eſſai ſur la théorie des Satellites, 1766.

ſatellite ſur la même orbite de Jupiter ſeront rétrogrades pendant quinze ans, & directs pendant les quinze années ſuivantes, en ſe balançant autour d'un point fixe, qui eſt le nœud du premier ſatellite, & par une oſcillation analogue à celle que Thebith avoit jadis imaginée pour les étoiles, & qu'il avoit nommée mouvement de trépidation (*a*). Mais ſon méchaniſme expliquoit un phénomène imaginaire; au lieu qu'ici il s'agit d'un phénomène véritable, bien conſtaté par les obſervations.

Telle eſt donc la cauſe de la variation de l'inclinaiſon des ſatellites, & du mouvement tantôt direct, tantôt rétrograde de leurs nœuds (*b*). Pour que ces phénomènes aient lieu relativement au ſecond ſatellite, dans un eſpace de trente années, il ſuffit que ſes nœuds, en rétrogradant, parcourent l'orbe entier du premier dans le même intervalle de tems. Il faut donc que ces nœuds parcourent douze degrés dans une année. Nous allons voir ce que la théorie donne à cet égard. La principale ſource du mouvement des nœuds eſt la figure applatie de Jupiter; cet applatiſſement qui change la force centrale, donne annuellement à ces nœuds, en ſuppoſant que la matière de Jupiter ſoit homogène, un mouvement de 104° 9′ pour le premier, de 20° 34′ pour le ſecond, de 4° 2′ pour le troiſieme; enfin de 33′ pour le quatrieme. Ces mouvemens ont lieu ſur l'équateur de Jupiter; mais les obſervations ne permettent point de les admettre en totalité. Elles démontrent que les nœuds du premier ſatellite ſont ſenſiblement immobiles; elles indiquent que le mouvement des nœuds du ſecond ne peut jamais ſurpaſſer douze degrés. D'où réſulte évidemment la démonſtration de deux choſes qui n'avoient été juſqu'ici que ſoupçonnées. L'une que l'inclinaiſon de l'équateur

---

(*a*) *Suprà* Tome I, p. 227.

(*b*) Bailly, Mém. Ac. Sc. 1765, p. 499.

de Jupiter ſur ſon écliptique, inclinaiſon que l'on avoit évaluée à trois degrés, mais par des conjectures qui n'étoient rien moins que déciſives (*a*), eſt réellement à peu-près de cette quantité, ou plus préciſément de 3° 4′, & égale à l'inclinaiſon du premier ſatellite; en ſorte que ce ſatellite ſe meut dans le plan de l'équateur de Jupiter, & qu'il n'a point de nœuds qui puiſſent être déplacés ſur cette orbite. La ſeconde concluſion eſt que la maſſe de Jupiter n'eſt point homogène. Nous avons déjà dit que dans le cas de l'homogénéité, l'applatiſſement de cette planete ſeroit de $\frac{1}{10}$e; l'applatiſſement obſervé de $\frac{1}{14}$e, prouve que la matière qui compoſe ce globe n'eſt point partout également denſe. Nous avons tiré de la quantité de l'applatiſſement la loi des variations de cette denſité; & au moyen de cette loi ſuppoſée, le mouvement des nœuds du ſecond ſur l'équateur de Jupiter, ou ſur l'orbite du premier ſatellite qui s'y confond, s'eſt trouvé réduit à 9° 26′, au lieu de 20° 34′ (*b*). On voit que la nature nous a réſervé des moyens pour démêler non ſeulement ce qui ſe paſſe ſur les globes infiniment éloignés, mais encore dans leur intérieur. Nous voyons que la matière de Jupiter n'eſt point homogène par deux phénomènes obſervés qui ne permettent point de doute; nous en ſommes peut-être plus sûrs que de l'hétérogénéité de notre propre globe. En conſéquence de cette détermination, il ne reſte des 12° du mouvement des nœuds du ſecond ſatellite que 2° 34′, qui appartiennent à l'action du premier & du troiſieme. Cette quantité comparée à l'inégalité du même ſatellite dans ſon orbite, inégalité qui eſt due aux mêmes actions, il n'eſt pas difficile de déterminer les maſſes qui y donnent lieu. Celle du premier eſt environ la vingt-cinq millieme partie, & celle du

(*a*) M. de la Lande, Aſtr. art. 3222.

(*b*) Bailly, Mém. Acad. Scien. 1766.

troisieme, qui est à peu près double, la treize millieme partie de la masse de jupiter (*a*).

Les phénomènes semblables dans l'orbite du troisieme satellite sont plus difficiles à déterminer par la théorie, parce qu'ils dépendent de la masse du second, aujourd'hui connue à la vérité, mais aussi de la masse du quatrieme, qui ne l'est pas, ou qui ne l'est que fort vaguement. L'action de ce satellite éloigné est si foible, qu'elle se mêle & se perd dans l'erreur inévitable des observations. L'inclinaison du troisieme satellite varie, comme celle du second; ses nœuds doivent avoir aussi un mouvement libratoire. On voit que la principale cause de ces effets étant la figure applatie de Jupiter, ils doivent avoir lieu sur son équateur, ou sur l'orbite du premier satellite qui y est confondu. En 1766 la période de ces variations n'avoit point encore été découverte par M. Maraldi. M. de la Grange l'avoit soupçonnée de 195 ans: nous l'avions évaluée de notre côté à 200 ans; l'observation nous a démentis. M. Maraldi a fait voir qu'elle n'étoit que de 132 ans: & si dans ces conjectures, où l'on cherche à anticiper sur les tems & à s'emparer d'avance de ce que l'avenir nous réserve, la foiblesse humaine avoit besoin d'excuse lorsqu'elle se trompe, nous aurions une consolation flatteuse de nous être trompés avec M. de la Grange; mais cette prophétie n'avoit été hasardée qu'avec les réserves nécessaires. C'est un point sur lequel nous reviendrons quelque jour. L'inclinaison du quatrieme satellite n'a point paru jusqu'ici varier sensiblement, mais elle variera; car tout dans l'univers est sujet aux mêmes loix, & les mêmes circonstances amenent partout les mêmes phénomènes. Nous voyons seulement que la période doit en être très-longue & de plusieurs

(*a*) Bailly. Mém. Acad. des Scien. 1766, p. 360.

ſiecles (*a*). Mais nous devons dire, pour la confirmation de ce que nous avons dit juſqu'ici, que la même théorie nous a donné, pour le mouvement direct des nœuds du quatrieme, une quantité de quatre minutes trente-une ſeconde par an, qui eſt préciſément égale à celle que M. Vargentin a établie, d'après les obſervations (*b*). La variation que l'on découvrira un jour dans l'inclinaiſon de ce ſatellite, le mouvement de ſes nœuds, qui doit être libratoire, naiſſent, pour la plus grande partie, comme les phénomènes ſemblables des autres ſatellites, de la figure applatie de Jupiter. Ces effets doivent avoir lieu relativement à ſon équateur, ou à l'orbite du premier ſatellite; d'où réſulte un phénomène remarquable & unique dans le ſyſtême du monde. Cette orbite eſt la baſe ou le centre de tous les mouvemens; les orbes du ſecond, du troiſieme & du quatrieme ſe balançant ſur elle, comme ſur un pivot, alternativement s'abaiſſent & s'élevent, tandis que les nœuds de ces ſatellites oſcillent comme trois pendules autour des nœuds du premier, dans des limites qu'ils ne peuvent franchir. Voilà la cauſe du phénomène ſingulier que nous avons déjà remarqué; l'obſervation a fait voir que les nœuds des orbes de chacun des quatre ſatellites étoient ſerrés dans un très-petit eſpace, & preſque dans le même point du ciel; ces nœuds ne peuvent pas s'éloigner les uns des autres, puiſqu'ils ſont aſſujettis au nœud de l'orbite du premier. Ce phénomène, depuis le tems que nous obſervons juſqu'aujourd'hui, a dû ſe montrer toujours à peu-près dans le même degré de l'écliptique de Jupiter. Mais comme le nœud du premier ſatellite reçoit lui-même de l'action du Soleil un petit mouvement rétrograde

(*a*) Bailly, Eſſai ſur les ſatellites de Jupiter, p. 143.

(*b*) Bailly, Mém. Ac. Sc. 1766, p. 262. Eſſai ſur les ſatellites de Jupiter.

ſur

ſur cette orbite, il s'éloigne inſenſiblement de ſa place, & emportant avec ſon orbe tous les orbes qui y ſont attachés, il parcourra l'écliptique de Jupiter, & tranſportera dans tous ſes points le phénomène ſingulier de cette libration (*a*). Si nous nous ſommes arrêtés, avec une ſorte de complaiſance, à décrire ces réſultats, nous eſpérons qu'on ne l'attribuera pas au deſir de parler de nous, ni de nos recherches; nous y avons été portés par la grandeur des objets, par la magnificence du ſpectacle de ces phénomènes variés & ſinguliers, & ſur-tout par la néceſſité de montrer l'accord du principe de la gravitation avec ces phénomènes. Nous ſuivons la nature, en écrivant une partie de ſon hiſtoire; & nos récits doivent être plus détaillés, lorſqu'elle eſt plus féconde & plus variée.

La nature, malgré cette variété, doit ſe retrouver la même quand elle ſe manifeſte dans des circonſtances ſemblables. Les orbites des ſix planetes principales ſont dans le grand ſyſtême ſolaire ce que les orbes des quatre ſatellites ſont dans le ſyſtême de Jupiter; on doit donc s'attendre à y retrouver les mêmes phénomènes. Nous l'avons dit, les nœuds de toutes les planetes rétrogradent. On avoit calculé ces changemens par la théorie de la gravitation: mais on les avoit conſidérés tous à part; & ces vues partielles ſont toujours fautives, ou du moins ſuſpectes. Les effets ſimultanés ſe compliquent & ſe modifient; ſi ces modifications n'ont point d'influence ſenſible, il faut s'aſſurer qu'elles n'en ont pas. M. de la Grange, au moyen de l'analyſe profonde qu'il avoit employée à la recherche du mouvement des nœuds des ſatellites, ſe trouvoit en état de ſuivre avec avantage celle du mouvement des nœuds des planetes. Il enviſagea la queſtion ſous le point de vue le

(*a*) Eſſai ſur les ſatellites de Jupiter, p. LI.

plus général : il fit marcher ensemble toutes les orbites ; & il suivit les effets à travers la complication des causes. M. Euler avoit annoncé que l'orbite de la terre, ou l'écliptique, est assujettie à un balancement, d'où il résulte une alternative de diminution & d'augmentation dans l'angle qu'elle fait avec l'équateur. Le même phénomène doit avoir lieu dans les cinq autres orbites. M. de la Grange a trouvé que l'action mutuelle de Jupiter & de Saturne, en faisant rétrograder leurs nœuds sur leurs propres cercles, donne à leurs nœuds sur l'écliptique un mouvement libratoire autour d'un point moyen, entiérement semblable à celui qui a été découvert dans les nœuds des satellites de Jupiter ; mouvement qui est de 26° degrés pour Jupiter, & de 64° pour Saturne. En même tems l'inclinaison de Jupiter sur l'écliptique est assujettie à une variation de 45′, & l'inclinaison de Saturne a une variation de 1° 46′ ; variations qui sont oscillatoires par des alternatives de diminution & d'augmentation, analogues à celles qui ont été remarquées dans les inclinaisons du second & du troisieme satellites, & à celle qui a été annoncée par M. Euler dans l'obliquité de l'écliptique. Ces oscillations des nœuds & des inclinaisons sont donc un phénomène général. Celles des orbes de Jupiter & de Saturne, dont nous venons de parler, s'accomplissent dans une période de 51150 ans ; & l'analyse de cette solution est assez rigoureuse pour que cette détermination soit certaine & pour les quantités, & pour la période qui embrasse tant d'années. Ainsi l'homme, qui vit aujourd'hui, qui n'a presque qu'un moment de durée sur la terre, à l'aide de la pensée, prévoit ce qui doit arriver à la nature dans cinquante mille années, lorsque lui, sa postérité, les empires florissans qu'il a vus seront passés & oubliés, & que même peut-être la race humaine n'existera plus. Cette puissance de se transporter

à volonté dans le tems, eſt un beau privilége dont l'homme a été revêtu par le génie.

Les dérangemens des orbes de Saturne & de Jupiter ſont les moins compliqués, parce que ces planetes ſont placées, comme à part, aux extrémités du ſyſtême ſolaire, parce que d'ailleurs elles ſont plus puiſſantes, & qu'il eſt plus difficile à de petites planetes de les maîtriſer. Mais les quatre autres, Mars, la Terre, Vénus & Mercure ſont plus rapprochées, elles ſont à forces égales; il en naît une complication plus grande qui demande des calculs longs & pénibles que M. de la Grange n'a point entrepris. Il ſe contente de donner la méthode & les formules (*a*); mais cette méthode eſt limitée, & c'eſt ici qu'à côté du génie de l'individu ſe trouvent marquées la foibleſſe & l'inſuffiſance des moyens de l'eſpece. Si quelques-unes de ces inclinaiſons ſont deſtinées à croître & à atteindre une certaine grandeur, la méthode, qui, pour uſer des reſſources actuelles de l'analyſe, a été obligée de conſidérer ces inclinaiſons comme très-petites, devient fautive & n'apprend plus rien. Il eſt donc poſſible qu'elle ne ſerve que pour un tems limité. L'homme pourra de pauſe en pauſe voir ſucceſſivement, & d'avance, différentes parties du chemin que fera la nature; mais il ne peut l'embraſſer en entier du point où nous ſommes: il n'a pas cette connoiſſance certaine qui le tranquilliſe, & ce coup d'œil prolongé dans le tems qui le flatte par la conſcience de ſa grandeur.

Mais ſi Saturne, Jupiter, toutes les planetes, les ſatellites mêmes ſe dérangent & troublent mutuellement leur cours régulier, elliptique autour de l'aſtre qui leur eſt donné pour centre de mouvement, les cometes, ces aſtres fugitifs, qui ne

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scienc. 1774, p. 97.

ſe montrent à nous que pour s'enfoncer enſuite dans le ciel & ſe cacher à nos regards, ſont-elles expoſées aux dérangemens qui ont lieu dans notre ſyſtême ? Elles errent au loin dans des eſpaces ſi vaſtes, qu'il eſt probable qu'elles ne ſe rencontrent pas, & que ſolitaires dans ces déſerts du monde, elles y doivent conſerver un cours réglé. Newton s'étoit borné à rapporter les loix que le Soleil leur impoſe; il avoit enſeigné à trouver la parabole qu'elles ſemblent décrire dans la petite partie de leur orbe qui avoiſine le Soleil, puis l'ellipſe alongée qu'elles décrivent réellement, lorſque les dimenſions de cette ellipſe ſont données par le tems employé à la décrire (*a*). Halley, en découvrant la durée des périodes de deux cometes, avoit oſé annoncer le retour de celle de 1682 pour 1758; mais il remarqua que les retours paſſés de cette comete n'étoient point arrivés à intervalles égaux. Celui qui s'écoula de 1531 à 1607 fut de 76 ans & 62 jours; l'autre de 1607 à 1682 fut de 75 ans moins 42 jours. Il y avoit entre ces deux périodes une différence de plus de quinze mois : par la première, la comete pouvoit reparoître au mois de Novembre 1758; par la ſeconde, elle devoit reparoître plutôt, & au commencement d'Août 1757. Il y avoit donc une grande incertitude ſur le tems de ſon retour. Laquelle de ces deux périodes étoit la meilleure & la plus vraie ? D'où naiſſoit leur différence ? Voilà des queſtions importantes : Halley a entrevu les cauſes qui ſervent à les réſoudre; il ne lui a manqué que les moyens. Il montre que la force de Jupiter ſur Saturne ſuffit pour altérer ſa révotion d'un mois; combien cette altération ne peut-elle pas être plus ſenſible dans une comete, qui s'éloigne quatre fois plus du Soleil que Saturne, & qui étant enchaînée par une force

---

(*a*) *Suprà* Tome II, p. 538.

moins grande, permet plus d'influence aux forces étrangeres (a). En 1681, peu de tems avant son apparition, la comete se trouva en conjonction avec Jupiter, dont la force sur elle étoit alors un cinquantieme de celle du Soleil. L'ellipse a été déformée ; quelques-uns de ses arcs ont reçu une nouvelle courbure, laquelle combinée avec l'ellipse primitive, appartient à une courbe si composée, que, suivant l'aveu de Halley, elle surpassoit de son tems les forces de la Géométrie. Il conclut des degrés de vitesse que la comete a pu perdre, qu'elle ne paroîtra que vers la fin de 1758, ou au commencement de 1759. Si l'annonce de ce retour est une belle découverte de Halley, les limitations qu'il y ajoute par conjecture, lui font beaucoup d'honneur. C'est dans les appréciations que la justesse de l'esprit se déploie ; il faut au-dedans plus de ressources, quand on a au dehors moins de moyens. Au défaut des méthodes qui dévoilent la vérité, c'est la force de l'esprit qui peut y suppléer par d'heureuses conjectures.

Mais quelqu'intéressante que fût la découverte de Halley, quelque probables que fussent les limitations qu'il avoit mises à son annonce, elles étoient si vagues qu'elles ne suffisoient pas à la Géométrie, qui n'est contente d'elle-même que lorsqu'elle démontre. Le moment du retour d'une comete devoit faire une grande époque dans l'histoire de l'Astronomie ; il étoit nécessaire que l'esprit humain fût en état de se rendre compte de toutes les circonstances. Ce retour devoit être une preuve sensible pour la raison vulgaire ; il devoit justifier Newton d'avoir assigné aux cometes des courbes fermées & des périodes réglées, comme en ont les planetes. Mais la raison éclairée est

---

(a) Halley, Tables des plan. éd. Franc. p. 55 & 17.

(b) Halley, Tables des plan. éd. Franc. p. 56.

plus difficile ; il falloit pouvoir lui dire pourquoi ces périodes d'une même comete n'étoient pas toujours égales, & lui montrer les causes d'altération. Il falloit trouver le moyen de calculer ces altérations dans la période qui alloit finir ; & d'annoncer avec plus de précision le retour de l'astre attendu. S'il est difficile d'évaluer les forces de la nature, pour prédire sa marche, ou prochaine, ou éloignée, l'Astronomie & la Géométrie y sont parvenues dans une infinité de cas : il n'y a pas un siecle que les cometes étoient regardées comme des météores allumés un instant, & destinés à s'éteindre ; & lorsque le génie y a reconnu des planetes durables & périodiques, c'est encore une magnifique entreprise, que celle de soumettre au calcul l'arrivée des cometes, presque comme le tems des éclipses ; c'est alors le génie qui complette l'ouvrage du génie. Les hommes ignorans, enclins à douter de tout ce qu'ils ne connoissent pas, ont besoin de ces preuves pour apprendre à respecter les sciences.

Cette entreprise fut tentée par M. Clairaut ; il eut assez de courage pour n'en point être effrayé, & assez de talent pour obtenir un succès mémorable. Jupiter, troublant la comete dans son orbe autour du Soleil, étoit encore le cas du problême des trois corps ; M. Clairaut y appliqua sa solution. Elle a un avantage précieux dans cette recherche ; c'est que l'équation générale, comme nous l'avons dit, est composée de deux parties, dont la première exprime l'ellipse de l'orbite, l'autre les perturbations. Celle-ci peut donc être considérée à part, pour examiner les corrections qui doivent être faites en vertu de ces perturbations à l'orbite primitive & naturelle. Mais on sent que, quoique ce problême fût du même genre que celui de la Lune, traité si heureusement par M. Clairaut, l'orbite de la comete, entiérement différente de celle de la Lune, devoit offrir des difficultés

d'une autre espece, qu'il falloit surmonter par des adresses de calcul, & par les ressources d'un esprit vraiment géométrique. Sans doute la Géometrie avoit reçu de M. Clairaut lui-même, & des Géometres ses contemporains, les forces qui manquoient à cette science au tems de Halley; mais les difficultés étoient encore très-grandes. Premièrement dans les orbes peu excentriques des planetes, les rayons, les distances au Soleil varient peu; ces orbes assez voisins font que la distance des deux planetes qui s'attirent, ne varie pas beaucoup, ou au plus comme deux à un, au lieu que dans l'orbite alongée de la comete, ces rayons, ces distances changent dans le rapport de soixante à un : l'expression générale qu'il faut employer à chaque instant, en est donc d'autant plus compliquée, & moins accessible aux méthodes d'approximation. Secondement les planetes sont presque dans le même plan : ce qui se passe dans l'un de ces plans differe peu de ce qui a lieu dans l'autre; ici l'orbe de la comete est fort incliné, Jupiter la tire obliquement, & les réductions ne s'offrent encore que sous une forme embarrassante. M. Clairaut entra dans ce travail, persuadé qu'il ne falloit considérer qu'une petite partie de l'orbite, c'est-à-dire, celle où la comete avoit été voisine de Jupiter. Mais il vit bientôt qu'on ne devoit pas se borner à calculer l'action perturbatrice dans cette proximité; la même action se rendoit sensible dans tout le cours de la comete, & dérangeoit son mouvement aux extrémités mêmes de l'orbite. L'altération la plus considérable est celle qui naît de l'action de Jupiter sur le Soleil, parce que Jupiter, en le déplaçant d'une petite quantité, donne à l'ellipse de la comete un foyer un peu différent. Le calcul de l'attraction de Jupiter fit connoître que celle de Saturne ne devoit pas être négligée; ainsi le travail fut doublé. Il le fut encore d'une autre manière; M. Clairaut, pour s'assurer

du résultat, & pour prendre une juste confiance qu'il pût inspirer, trouva dans les apparitions de cette même comete des moyens de vérification. On connoissoit la longueur des deux périodes écoulées entre 1531 & 1607, entre 1607 & 1682; l'une de 76 ans plus 62 jours, l'autre de 75 ans moins 42j. Si la géométrie peut montrer pourquoi la seconde période a été ainsi abrégée, elle méritera d'être crue lorsqu'elle déterminera la période entre 1682 & 1759, & lorsqu'elle annoncera le tems préfixe du retour. C'est ce qu'a fait M. Clairaut avec courage, sans être rebuté par la longueur des calculs ennuyeux & pénibles : il a trouvé qu'entre 1531 & 1607, l'action de Saturne s'est compensée ; les rétardations imprimées à la comete ont égalé les accélérations ; Jupiter seul a *accourci la période de 19 jours, qui, sans son action, auroit* été de 76 ans & 81 jours. En même tems cette action a changé les élémens, de manière à rendre la période suivante plus courte de 31 jours, & par conséquent de 76 ans & 50 jours. Telle auroit été la période, si dans son cours la comete avoit été à l'abri des perturbations de Saturne & de Jupiter. Mais la force de la première planete a ralenti la marche de la comete, & a alongé sa période de 16 jours & demi, tandis que Jupiter, précipitant beaucoup plus cette marche, a rendu la période plus courte de 442 jours. La différence de ces deux effets 425 ½, est la quantité dont la période a été réellement accourcie. Elle a donc dû être de 75 ans moins 12 jours & demi ; elle a été trouvée par l'observation de 75 ans moins 42 jours, c'est-à-dire, plus courte d'environ 30 jours. Voilà donc l'erreur qu'on peut commettre dans ces recherches ; & encore M. Clairaut, pressé par le tems, n'a-t-il pu donner à ses calculs toute la précision qu'ils pouvoient comporter. Après cette épreuve, le célebre Géometre pouvoit se livrer avec

confiance

confiance aux calculs qui devoient lui donner la période de 1682 à 1758. Il trouva enfin qu'elle devoit être alongée de 100 jours par l'action de Saturne, & de 518 jours par celle de Jupiter. Au lieu de 75 moins 42 jours, elle devoit donc être de 76 ans & 211 jours; & comme la comete de 1682 avoit passé à son périhélie le 14 Septembre, elle y devoit repasser le 13 Avril 1759. M. Clairaut rendit compte de son travail dans l'assemblée publique de l'Académie, le 14 Novembre 1758; il exposa sa prédiction avec le ton modeste qui lui étoit propre, & en homme fait pour apprécier toute la délicatesse des opérations qui fondoient cette prédiction. » On » sent, dit-il, avec quels ménagemens je présente une telle » annonce, puisque tant de petites quantités, négligées nécessairement par les méthodes d'approximation, pourroient » bien en altérer le terme d'un mois, comme dans le calcul » des périodes précédentes (*a*).

L'erreur fut telle que M. Clairaut l'avoit soupçonnée; il y eut un mois de différence entre le retour prédit & le retour réel. La comete, qui se remontra dès la fin de Décembre 1758, fut dans son périhélie le 13 Mars 1759; M. Clairaut revit son calcul & réduisit l'erreur à 22 jours. De quelque manière qu'on envisage cette erreur, soit qu'on la compare à la durée de la révolution, dont elle n'est que la 920e partie environ, soit qu'on la compare à l'altération même de la période, dont elle seroit un 20e, quand on considere d'une part, qu'il a fallu suivre la comete à des distances énormes, calculer l'action répétée des planetes sur elle presque à chaque pas, & de l'autre qu'on a cependant tracé sa route & réglé sa marche, assez exactement

(*a*) Théorie des cometes.

pour fixer, à 22 jours près, le retour d'un astre, encore rangé au nombre des météores il y a un siecle, c'est le comble de la gloire pour l'esprit humain, la preuve des progrès surprenans de l'Astronomie & de la Géométrie, l'épreuve la plus décisive de la théorie de Newton, & en même tems le triomphe de M. Clairaut, qui a tiré de cette théorie ce que ce grand homme n'espéroit pas lui-même en tirer.

Comme M. Clairaut avoit soumis les cometes à sa solution du problême des trois corps, M. d'Alembert, M. Euler, qui l'avoient résolu comme lui, entrerent après lui dans la même recherche, & montrerent que leurs solutions permettoient les mêmes applications. Ces trois Géometres avoient la même clef : toutes les recherches étoient un concours ; c'est à l'histoire de la Géométrie à raconter ces différens efforts, & à comparer les méthodes.

L'Académie impériale de Pétersbourg proposa cette théorie des cometes pour le sujet du prix de l'année 1762 ; M. Clairaut le remporta, ou le partagea avec M. Jean-Albert Euler, fils du célebre Géometre, & déjà excellent Géometre lui-même, puisqu'il partageoit un prix avec M. Clairaut. Celui-ci, ayant revu de nouveau ses calculs & multiplié les plus petites attentions, réduisit encore l'erreur à 19 jours. Il ajouta à sa piece une recherche intéressante sur la résistance de l'éther ; il fit voir qu'une seule révolution donne toutes les autres par un simple multiple, & que l'altération de la distance moyenne est presque triple de celle qu'éprouveroit une planette dont la révolution seroit de 75 ans dans une orbite circulaire. Il en conclut que l'altération du moyen mouvement de la comete est environ deux cent fois plus grande que l'altération du moyen mouvement de la terre, ou de la durée de l'année ; d'où l'on pourroit conclure que notre année n'étant accourcie

que d'environ trois minutes en 6000 ans (*a*), la durée de la révolution de la comete ne ſubit en 30 ans qu'un pareil changement, & qu'en 75 ans elle ne peut varier que d'un demi-quart d'heure. Si le retour obſervé a précédé le retour calculé, il ne paroît point que cette différence puiſſe être attribuée à la réſiſtance de l'éther ; elle appartient ſans doute à l'erreur inévitable dans une longue ſuite de calculs. Peut-être auſſi pourroit-on croire que les actions de Jupiter & de Saturne ne ſont pas les ſeules qui ſoient ſenſibles ſur la comete ; ſi Saturne, avec une aſſez grande maſſe, mais toujours fort éloigné d'elle, a pu la déranger, Mars & la Terre avec des maſſes plus petites, mais à une plus grande proximité, ont pu avoir quelque influence. Nous en allons donner une preuve. M. Euler le fils, dans la piece du prix, en établiſſant la théorie générale, ne s'attacha point aux applications que M. Clairaut avoit preſque épuiſées ; il inſiſta ſeulement ſur une cauſe de dérangement, dont perſonne n'avoit parlé, c'eſt l'attraction de la terre ſur la comete, qui s'en trouva fort près en 1759. M. Euler montre que cette attraction a été ſuffiſante depuis le premier Avril juſqu'au 11 Mai, pour diminuer de $\frac{1}{360}$e partie le grand axe de l'orbite de la comete ; ce qui peut la faire revenir quatre mois plutôt dans l'apparition prochaine. Mais le travail de M. Clairaut a fait voir qu'il ne ſuffiſoit pas de calculer les perturbations dans une petite partie de l'orbite : ſouvent, en ſuivant cette orbite entière, les altérations ſe compenſent ou ſe multiplient ; & c'eſt leur ſomme qui change les phénomènes. M. Euler a fait dans cet ouvrage une remarque que nous devons rapporter, c'eſt que ſi la comete avoit eu une maſſe égale à celle de la terre, elle auroit produit un changement notable

(*a*) *Suprà* Tome I, p. 451.

dans le mouvement de notre globe : & comme on ne s'est apperçu d'aucune altération, il s'ensuit que malgré la grande proximité, elle a manqué de force pour agir sensiblement; ce qui démontre la petitesse de sa masse.

On juge bien que si les perturbations des planetes ont assez d'effet pour altérer si sensiblement la révolution d'une comete, elles doivent produire des altérations semblables dans la position de son orbite. Newton a montré qu'une force perturbatrice faisoit avancer le périhélie & rétrograder les nœuds; mais ces phénomènes ont lieu pour les planetes dont le mouvement est direct, c'est-à-dire, qui marchent en suivant l'ordre des signes du zodiaque. Quant aux astres rétrogrades, comme la comete de 1759, les phénomènes doivent être contraires. Le mouvement des nœuds, par exemple, que nous avons toujours trouvé rétrograde dans les planetes, est ici direct; en effet les observations montrent que de 1682 à 1759, les nœuds ont avancé de 2° 33′. Mais comme l'équinoxe a rétrogradé dans cet intervalle de 1° 4′, ces nœuds n'ont avancé réellement que de 1° 29′; & le calcul des perturbations de Jupiter & de Saturne, opérées pendant la période de 1682 à 1759, a donné précisément à M. Clairaut cette quantité de 1° 29′ (*a*). Quoiqu'il y ait du hasard dans une conformité si exacte, il en résulte l'accord le plus satisfaisant; c'est une vérification complette du principe de la gravitation. Toutes les planetes directes l'avoient justifié par leurs nœuds rétrogrades; le seul astre rétrograde, qui ait été complettement observé, le justifie encore par le mouvement direct de ses nœuds. Le systême, qui suit & retrouve toujours la nature dans

---

(*a*) Théorie des cometes, page 213.

ses phénomènes contraires, doit renfermer le principe & le secret de ses mouvemens.

Ce beau travail de M. Clairaut fut presque le dernier de sa vie; il fut enlevé aux sciences & à ses amis le 17 Mai 1765. Quoiqu'il ait sans doute assez fait pour sa gloire, on peut croire qu'au milieu de sa carrière il n'avoit pas encore déployé toutes les ressources de son génie.

Le portrait de M. Clairaut seroit celui du véritable Géometre. Un Géometre est un homme, qui entreprend de trouver la vérité, & cette recherche est toujours pénible, dans les sciences comme dans la morale. Profondeur de vue, justesse de jugement, imagination vive, voilà les qualités du Géometre: profondeur de vue, pour appercevoir toutes les conséquences d'un principe, cette immense postérité d'un même pere; justesse de jugement, pour distinguer entr'elles les traits de famille, & pour remonter de ces conséquences isolées au principe dont elles dépendent. Mais ce qui donne cette profondeur, ce qui exerce ce jugement, c'est l'imagination; non celle qui se joue à la surface des choses, qui les anime de ses couleurs, qui y répand l'éclat, la vie & le mouvement, mais une imagination qui agit au-dedans des corps, comme celle ci au-dehors. Elle se peint leur constitution intime; elle la change & la dépouille à volonté; elle fait, pour ainsi-dire, l'anatomie des choses, & ne leur laisse que les organes des effets qu'elle veut expliquer. L'une accumule pour embellir, l'autre divise pour connoître. L'imagination, qui pénetre ainsi la nature, vaut bien celle qui tente de la parer; moins brillante que l'enchanteresse qui nous amuse, elle a autant de puissance & plus de fidélité. Quand l'imagination a tout montré, les difficultés & les moyens, le Géometre peut aller en avant: & s'il est parti d'un principe incontestable, qui rende sa solution certaine,

on lui reconnoît un esprit sage ; ce principe le plus simple, offre-t-il la voie la plus courte, il a l'élégance de son art ; & enfin il en a le génie, s'il atteint une vérité grande, utile & long-tems séparée des vérités connues!

Aucune de ces qualités n'a manqué à M. Clairaut ; les preuves sont de l'histoire de la Géométrie, les succès seuls sont de notre ressort. L'Astronomie lui doit des progrès difficiles ; nous le jugeons ici par ce qui intéresse les hommes, & sur ce qu'il a fait d'utile. La théorie de la lune restée imparfaite dans les mains de Newton, le cours des cometes calculé, leur retour prédit, en rendant compte des causes qui le retardent ou qui le précipitent; voilà ce qui restoit à faire depuis Newton, depuis Halley ; & voilà ce que M. Clairaut a fait. Cela étoit difficile, puisque deux grands hommes y ont été arrêtés ; cela étoit utile, parce la connoissance des mouvemens de la lune amenera la perfection de la géographie & de la navigation, parce que la prédiction du retour des cometes caractérisera notre siecle & fera sa gloire. Le principal mérite de M. Clairaut fut le talent des applications : malgré son génie, il n'étoit point rebuté des détails ; il pensoit qu'une vérité de pratique étoit préférable à celles qui restent ensevelies dans vingt pages d'analyse ; aussi n'a-t-il fait que des choses utiles. Son nom a été connu, porté partout, & sera répété dans les âges. Si nous avons osé le louer, c'est que l'Astronomie lui doit de la reconnoissance, c'est que nous sommes au moment où la postérité commence pour lui. La vérité peut élever une voix franche & libre, & nous ne sommes que son organe.

M. du Séjour, ami & éleve de M. Clairaut, a consacré, comme lui, ses travaux à l'Astronomie. Jusqu'ici on n'avoit calculé les éclipses, soit pour les prédire, soit pour en tirer des résultats, que par des méthodes graphiques, ou par des calculs

trigonométriques : chaque éclipſe exigeoit une ſolution particulière ; M. du Séjour imagina de les réduire en formule algébrique, afin que la ſolution générale pût s'appliquer à tous les cas. Le calcul particulier d'une éclipſe ne demande plus que la ſubſtitution des élémens qui lui ſont relatifs. Cette équation générale appartient à chaque moment, à chaque phaſe de l'éclipſe ; & avec un nombre de phaſes bien obſervées, on pourroit avoir un nombre égal d'équations, qui, au défaut de la connoiſſance des élémens, ou dans le cas de quelque incertitude, ſerviroient à déterminer ces élémens. Par les méthodes ordinaires, chaque obſervation iſolée conduiſoit à une détermination à part ; par la méthode de M. du Séjour, on peut employer à la fois toutes les obſervations, & les faire concourir enſemble à l'exactitude d'une détermination unique. Le mérite de cette analyſe eſt encore celui des applications ; elle a valu à ſon auteur la découverte de l'inflexion des rayons ſolaires dans l'atmoſphère de la lune (*a*). C'eſt cette analyſe qui lui a fourni le moyen d'appercevoir qu'au moment de l'éclipſe ſolaire de l'année 1764, les Tables donnoient au ſoleil un diametre trop grand de cinq ſecondes (*b*). Ce diametre des Tables eſt déduit des obſervations, faites ſur le ſoleil même au moyen du micrometre. Le ſoleil eſt alors dans tout ſon éclat ; la lumière a la propriété de s'étendre & d'amplifier les images réelles des objets : le ſoleil ainſi meſuré, eſt donc entouré d'une couronne nommée l'*irradiation*, qui aggrandit ſon diametre ; les éclipſes le donnent tel qu'il eſt, & dépouillé de cette illuſion optique.

(*a*) *Suprà*. p. 96.

(*b*) M. le Gentil a déterminé à peu près la même quantité par obſervation. Ayant meſuré le diametre du ſoleil avec un objectif verd & un objectif ordinaire, le verd lui donna 5″ de moins. Cet objectif coloré ne laiſſant paſſer qu'une couleur, il n'y avoit plus d'aberration.

Mémoires de l'Acad. des Scien. 1755, p. 437.

Une méthode, qui fait appercevoir & qui permet de mesurer ces différences, est précieuse dans la pratique ; il est à souhaiter qu'elle soit généralement adoptée (*a*). M. du Séjour a encore appliqué le calcul analytique au phénomène de l'anneau de Saturne. Il s'agit de déduire des observations les élémens de l'anneau, c'est-à-dire, sa position à l'égard de l'écliptique, l'élévation du Soleil, nécessaire pour éclairer suffisamment l'anneau, & l'élévation de l'œil sur ce plan, pour appercevoir sa surface éclairée. Ensuite avec ces élémens connus, il s'agit de prévoir & d'annoncer les phénomènes futurs. Le calcul trigométrique suffit à ces recherches ; mais il ne permet que des solutions particulières. M. du Séjour en a donné, comme des éclipses, une solution générale & complette (*b*).

M. du Séjour, en établissant les principes du calcul des éclipses, a discuté plusieurs questions physiques, relatives à ces phénomènes : & dans le nombre des problêmes qu'il a résolus, il en est un qui nous a paru mériter une place dans cette histoire ; c'est celui par lequel il détermine la quantité de lumière que reçoit la lune lorsque tout son globe est plongé dans l'ombre de la terre. On sait qu'il est fort rare que dans cette circonstance la lune disparoisse entiérement ; elle nous renvoie la lumière qu'elle reçoit du soleil à travers l'atmosphère terrestre. Il faut considérer la quantité des rayons qui lui parviennent, calculer leur affoiblissement & l'intensité de la lumière qui leur reste. M. du Séjour démontre, qu'après leur passage dans l'atmosphère, le logarithme de cette intensité est en raison inverse de l'élévation du barometre, au plus haut

(*a*) Elle est détaillée dans les mémoires de l'Académie des Sciences, années 1764 & suivantes.

(*b*) M. du Séjour, Recherches sur les phénomènes relatifs à la disparution de l'anneau de Saturne.

point

point de l'atmosphère terrestre où a passé le rayon lumineux. Avec ce principe, & en supposant les expériences de M. Bouguer sur les pertes de la lumière dans les masses d'air qu'elle traverse, il trouve que la lune apogée, entiérement éclipsée, reçoit au centre de l'ombre de la terre environ la 500e partie de la lumière qu'elle reçoit directement du soleil. Cette quantité n'est qu'un 2500e lorsque la lune est périgée (*a*).

Un autre genre d'utilité fit entreprendre un nouveau travail à M. du Séjour. Entourés, comme nous le sommes, de maux & de dangers, l'inquiétude souvent les multiplie; les sciences sont bienfaisantes quand elles consolent, quand elles tranquillisent les imaginations allarmées. Halley avoit pensé qu'il n'étoit pas impossible qu'une comete rencontrât notre globe, & que le choc ne nous devînt funeste. M. de Maupertuis avoit l'idée d'un autre danger, celui d'une comete, qui passant très-près de la terre, l'entraîneroit avec elle dans des régions éloignées du soleil, où elle seroit glacée & ses habitans détruits. Ces conjectures, hasardées dans les ouvrages des savans, n'avoient point percé dans le public. M. de la Lande reprit cette question de la rencontre d'une comete; il crut que son attraction à une petite distance pourroit élever des marées considérables, & submerger une partie de la terre. C'étoit l'objet d'un mémoire que M. de la Lande devoit lire à la rentrée publique de l'Académie des Sciences, à Pâque 1773. Mais cet Astronôme est trop habile & trop instruit pour avoir donné à de semblables raisonnemens plus de valeur qu'ils n'en doivent avoir: il ne parloit que de possibilités, encore très-difficiles; on lui fit faire des prédictions. L'ignorance qui

(*a*) M. du Séjour a encore calculé le rapport de la lumière cendrée dans les différentes élongations de la lune. On sait qu'on appelle *lumière cendrée* cette foible clarté qui nous fait appercevoir la partie obscure du disque lunaire dans le premier & le dernier quartier,

entend & répete mal, le goût du merveilleux qui exagere, firent répandre dans les cercles de Paris qu'il avoit annoncé la rencontre d'une comete; on en marquoit même le jour. Quelques esprits foibles furent allarmés. M. de la Lande fit imprimer son Mémoire, où il ne se trouva aucune prédiction, mais seulement quelques conjectures, réservées aux Astronômes qui savent les apprécier. M. du Séjour entreprit l'examen de ce prétendu danger par une analyse rigoureuse; voici ce qui en a résulté. Pour qu'une comete puisse rencontrer la terre, il faut deux conditions : 1°. que le point où son orbe coupe le plan de l'écliptique, soit à une distance du soleil égale à celle de la terre à cet astre; 2°. que la comete & la terre se trouvent précisément dans ce point, & à cette distance égale dans le même instant. Parmi toutes les cometes connues, il n'en est aucune qui coupe exactement l'orbite terrestre à cette distance déterminée; c'est déjà beaucoup. Mais il y en a quelques-unes, qui rempliroient cette condition, si l'on altéroit un peu leurs élémens. Il est sûr que ces élémens doivent changer par les loix de la gravitation; cependant M. du Séjour observe avec beaucoup de raison, qu'il y a loin de la possibilité, de la nécessité même d'un dérangement quelconque à la certitude que ce dérangement sera tel qu'il convient à la rencontre ou à une proximité nuisible de la comete & de la terre. Il faudroit qu'il suivît une certaine loi donnée, qu'il arrivât dans un certain tems donné & qu'alors la terre fût à un certain point donné de son orbite. Ces trois circonstances sont nécessaires pour la rencontre d'une comete; la probabilité qu'elles ne se réuniront pas est si forte, qu'on peut assurer hardiment que cette réunion, & par conséquent la rencontre n'aura jamais lieu.

En effet supposons que le changement a eu lieu, & que

l'orbite de la comete coupe celle de la terre à la distance convenable : cela ne suffit pas, la seconde condition doit être remplie ; il faut encore que la comete & la terre se trouvent dans ce point commun de leur orbite. Or les élémens n'ont été altérés, pour remplir la première condition, que par un changement qui n'est point de nature à s'arrêter là ; le même changement répété éloignera pour jamais le danger qu'il avoit amené. Ce danger ne peut donc durer qu'un petit tems, & il faut que la terre qui parcourt un grand orbe dans une année, se trouve dans ce petit tems au point nuisible, & & que la comete qui s'éloigne & revient lentement, dont la révolution embrasse un grand nombre d'années, se trouve aussi au même point dans ce même tems limité. Ces élémens s'alterent, la terre & la comete se meuvent par des forces différentes & diversement combinées ; les effets se succedent & s'accompagnent avec une marche différente. C'est cette différence de marche qui fait que tout se conserve dans un monde où tout tend à se détruire. Il ne peut y avoir mouvement & action sans réaction ; dès qu'il y a des forces opposées, il peut y avoir combat ; mais la diversité des directions fait que ces forces se modifient sans se détruire, & que dans l'immensité de l'espace, où peuvent se croiser tant de routes, les corps passent à côté les uns des autres sans se nuire.

Après avoir montré que la rencontre exacte est comme impossible, M. du Séjour examine ce qui résulteroit d'une grande proximité dans le nombre des cometes connues ; il n'y en a que sept, qui aient approché de l'orbite de la terre plus près qu'un million de lieues ; ce sont celles de 837, 1618, 1680, 1702, 1743, 1763, 1770, mais aucune n'est arrivée à une proximité nuisible. La comete de 1780 est celle qui peut approcher le plus près de la terre, c'est-à-dire,

environ à 160000 lieues. La comete de 1770 en a le plus approché réellement ; mais elle étoit encore éloignée de 750000 lieues. M. du Séjour, pour se rassurer sur les prétendus dangers d'une comete, qui éleveroit des marées extraordinaires, ou qui nous entraîneroit avec elle, examine une comete hypothétique placée à 13000 lieues de distance ; & il trouve qu'en forçant toutes les circonstances, une comete semblable ne pourroit jamais rester plus de deux heures & demie à cette distance. Or il fait voir que si l'on suppose, conformément à un théorême de M. d'Alembert, la terre entiérement couverte d'une couche fluide d'une lieue d'épaisseur, l'astre mettroit dix heures cinquante-deux minutes à produire son effet sur les marées. Mais 1°. la comete, dont le mouvement près de nous est toujours rapide, ne seroit qu'un instant perpendiculaire au même point de la terre ; 2°. la terre n'est pas entiérement couverte d'eau, & cette circonstance change tellement l'effet des marées, que les mers méditerranées n'en ont point ; 3°. enfin la comete ne seroit que très-peu de tems, & beaucoup moins de dix heures cinquante-deux minutes à une distance nuisible. Toutes ces raisons réunies élevent, suivant M. du Séjour, un préjugé légitime contre les désordres des marées, qui pourroient être produits par l'action des cometes *(a)*.

M. du Séjour a examiné ensuite le second danger, & la possibilité qu'une comete entraînât la terre ; il trouve qu'une comete égale en masse à notre globe, & placée à la distance de 13000 lieues,

---

(a) Essai sur les cometes.

M. du Séjour fait voir l'insuffisance de l'explication du déluge par la queue d'une comete. A l'égard de la comete de 1680, il montre que la plus grande proximité à la terre n'a lieu que dans la branche que cette comete décrit avant d'arriver au périhélie, dans le tems où elle n'a point de queue, & qu'après le passage au périhélie, après s'être revêtue de cette longue queue si long-tems effrayante, son éloignement de la terre a toujours excédé neuf millions de lieues. Il n'est guères croyable qu'à cette distance la queue d'une comete ait pu inonder la terre.

augmenteroit le grand axe de notre orbe de $\frac{1}{250}$e, & alongeroit l'année de deux jours dix heures. Cet effet deviendroit plus plus grand, à la vérité, si on augmentoit la masse de la comete; mais tous les phénomènes ont indiqué jusqu'ici que les cometes connues n'ont qu'une très-petite masse. Il y a loin de cet alongement hypothétique de l'année à un changement assez grand pour nous faire abandonner le soleil, & nous forcer à suivre un astre étranger. On a cru encore que la lune pouvoit avoir été une comete. M. du Séjour trouve que toutes les cometes, qui ont une vîtesse sensiblement plus grande que celle de la terre, ne peuvent jamais devenir ses satellites. A l'égard d'une comete, qui marcheroit avec une vîtesse peu différente, M. du Séjour n'ose prononcer sur ce qui arriveroit; mais il remarque que, si une comete devenoit notre satellite, ce ne seroit pas pour long-tems. Son orbite primitive est autour du soleil; c'est le centre naturel de ses mouvemens. Tout dans l'univers n'est que vicissitudes & retours; lorsque la suite des révolutions rameneroit les mêmes positions respectives de la terre & de la comete, le soleil reprendroit sur elle l'empire qu'il avoit eu précédemment, & la comete recommenceroit une nouvelle trajectoire autour de lui: d'où M. du Séjour croit pouvoir conclure que la terre ne doit point espérer d'acquérir un nouveau satellite, & qu'elle ne doit point craindre de devenir satellite d'une comete.

Comme le problême de déterminer le tems du retour des cometes, souvent troublées par des perturbations étrangères, est infiniment intéressant, comme on attend en 1790 une comete qui a pu être dérangée dans son cours, l'Académie des Sciences de Paris a cru devoir demander en 1780 une théorie des perturbations que peuvent éprouver les cometes; c'est absolument le même problême dont M. Clairaut a donné

une ſolution. M. de la Grange a remporté ce prix ; & un homme comme lui ne peut reprendre un ſujet déjà traité, ſans employer de nouveaux moyens, ſans atteindre à une plus grande perfection. M. de la Grange a fait voir que les quadratures des courbes mécaniques ceſſoient d'être légitimement employées lorſque la comete étoit très-près de la planete perturbatrice ; il a été obligé d'y ſuppléer par une autre méthode : c'eſt le ſeul cas difficile de la ſolution. Quand la comete eſt éloignée, les perturbations ſont exprimées par des formules analytiques, qui n'exigent plus que des ſubſtitutions numériques, toujours ſimples & faciles. Si l'exactitude conſtitue la ſcience même, dans les choſes difficiles, la ſimplicité appartient toute entière au génie.

Ces recherches ſont pour fixer le tems du retour des cometes déjà connues ; celles qui ſe montrent une première fois demandent d'autres méthodes pour démêler dans les obſervations les circonſtances de leur mouvement, & les caractères qui le feront toujours reconnoître. Si la comete tournoit autour de la terre, il ſeroit facile de faire paſſer une parabole par les points donnés des obſervations. Mais la terre n'eſt pas au centre de ce mouvement ; c'eſt du ſoleil qu'on le verroit dans toute ſa vérité : nous ne voyons ici que des apparences compliquées du mouvement de notre globe. Il a donc fallu employer les approximations & les fauſſes poſitions. Newton marcha le premier & montra la route ; MM. Bouguer, Euler, Fontaine, Boſcowich, Walmeſley, ont donné après lui des ſolutions de ce problême. M. de la Place a une ſolution & une méthode qu'il va publier inceſſamment. M. du Séjour, qui veut bannir de l'Aſtronomie les fauſſes poſitions, a cherché une méthode approchée, mais directe & commode pour le calcul. L'inconvénient d'une méthode directe dans le cas préſent a toujours été

de donner des équations d'un degré fort élevé, & par conſéquent difficiles & embarraſſantes à réſoudre : M. du Séjour partage en deux claſſes les équations qui réſolvent le problême ; il conſidere à part & celles qui naiſſent de la poſition du plan de l'orbite, & celles qui dépendent de l'eſpece de la trajectoire. Cette ſéparation rend l'examen plus ſimple ; il arrive à une ſolution qui ne dépend que d'une équation du ſecond degré, & les plus grandes difficultés ſont écartées. Son moyen eſt d'employer le rapport des diſtances de la comete : il s'eſt aidé des recherches de M. de la Grange, en lui en faiſant hommage ; & il a vu qu'en ſe ſervant du rapport des diſtances, au lieu de l'expreſſion même des diſtances, le rapport étoit toujours linéaire. Mais la méthode de M. de la Grange demande que l'on choiſiſſe des obſervations peu éloignées ; & il y a du danger à déterminer de grands élémens par de petites différences. M. du Séjour emploie tout, & les obſervations éloignées, & les obſervations intermédiaires ; celles-ci lient entr'elles les obſervations éloignées. On peut donc croire que cette ſolution ſera exacte & utile : elle eſt ſuſceptible d'une application commode, ce qui eſt un grand mérite ; & à cet égard, comme à pluſieurs autres, le calcul aſtronomique aura été perfectionné par M. du Séjour.

D'autres Géometres ont encore mérité de l'Aſtronomie par leurs recherches ; ils ont éclairé différentes parties de la ſcience. Dans une vue générale, nous ne pouvons détailler ni leurs travaux, ni leurs ſuccès. M. le Marquis de Condorcet a appliqué une profonde connoiſſance du calcul intégral à une nouvelle ſolution du problême des trois corps ; mais le mérite en appartient plus à l'hiſtoire de la Géométrie qu'à celle de l'Aſtronomie. M. l'abbé Boſcowich a déterminé la courbe que ſuit le rayon de lumière dans l'atmoſphère ; & après avoir

analyſé en Géometre pluſieurs phénomènes, comme poëte, il a chanté en vers latins les merveilles de l'Aſtronomie. M. l'abbé Friſi, Géometre d'Italie, a parcouru tous les ſujets, a traité preſque toutes les queſtions : le recueil de ſes œuvres eſt un traité lumineux & complet des phénomènes céleſtes ; ſon ouvrage ſur la gravitation eſt le ſeul où le ſyſtême du monde ait été développé dans toutes ſes parties. Enfin M. Couſin s'eſt propoſé un ſemblable développement dans un ouvrage qui va paroître inceſſamment, & qui a pour titre *Introduction à l'Aſtronomie*. Il y donne l'eſprit des différentes méthodes géométriques, qui ont été employées aux recherches aſtronomiques. Ce livre nous a manqué pour le ſujet que nous traitons ici : c'eſt en effet le tableau de l'influence de la Géométrie ; il montrera quels ont été les moyens des découvertes dans le ſyſtême du monde, & il en facilitera la connoiſſance à ceux qui voudront l'étudier.

Tels ont été les progrès de la Géométrie & ſes bienfaits envers l'Aſtronomie ; tels ſont les efforts des hommes qui ont illuſtré la ſcience, leur ſiecle & eux-mêmes. Aujourd'hui ces deux ſciences ſe touchent de ſi près, qu'elles ſemblent ſe confondre. Un Aſtronôme, pour être habile, a beſoin d'être Géometre ; un Géometre, pour s'exercer ſur de grands objets, doit avoir les connoiſſances d'un Aſtronôme. Une grande ſupériorité de nos ſiecles modernes eſt cette union des ſciences, qui, dirigées vers un même objet, voyent mieux où elles vont, & marchent plus vîte. Nous ne diſtinguerons point ce qui eſt uni par la nature & par le génie. Aſtronôme dans l'obſervatoire, Géometre dans le cabinet, c'eſt toujours le même homme qui obſerve & qui médite, qui applique au ciel ou ſes ſens, ou ſa penſée. Mais nous cherchons ici ce qu'auroit été l'Aſtronomie ſans le ſecours des méthodes géométriques ; elle eût

eût fait tout ce qu'une ſcience peut entreprendre de faire avec un inſtrument de moins. Nous voyons dans le cours de cette hiſtoire les différens états par où la ſcience a paſſé, &, pour ainſi-dire, les transformations qu'elle a ſubies. Aujourd'hui l'Aſtronomie eſt géométrique : mais auparavant nous voyons une Aſtronomie ſans Géométrie ; avant celle-ci, une Aſtronomie ſans téleſcope ; & plus loin dans le tems, une Aſtronomie ſans inſtrumens. Que peut-on connoître, quand on ne peut rien meſurer ? Les eſtimations les plus groſſières ſont l'ouvrage des générations ; les individus, les peuples diſparoiſſent, & l'eſpece qui dure n'a preſque rien acquis. C'eſt dans ces premiers commencemens qu'on a cru la révolution de la lune de 28 jours, l'année de 365, & les périodes des planetes dans une incertitude proportionnée. Quand les inſtrumens furent inventés, on put faire plus en moins de tems : on détermina l'obliquité de l'écliptique, la grandeur des degrés de la terre ; on ajouta un quart de jour à l'année ; les heures & les minutes furent employées pour eſtimer les révolutions. Ces meſures ont été recommencées à chaque fois que les inſtrumens ont été perfectionnés. Enfin les lunettes ouvrirent un nouveau ciel, & apporterent de nouveaux moyens de meſurer avec une préciſion ineſpérée ; mais ces meſures exactes ne ſuffirent pas encore. Tout eſt complication dans les apparences céleſtes. Les phénomènes ſe préſentent en maſſe ; il n'en eſt point qui ne tienne à pluſieurs cauſes particulières, dont les effets ſont mêlés. Sans doute avec la durée, la nature entière peut ſe développer, il n'y a qu'à l'obſerver ſans ceſſe, tenir un regiſtre fidelle de tous ſes mouvemens ; ſes périodes ſeront découvertes, & ſes loix les plus apparentes ſeront manifeſtées.

C'eſt ainſi que l'Aſtronomie peut marcher ſeule & ſans aide. Mais elle eût toujours dépendu du tems, elle ſeroit

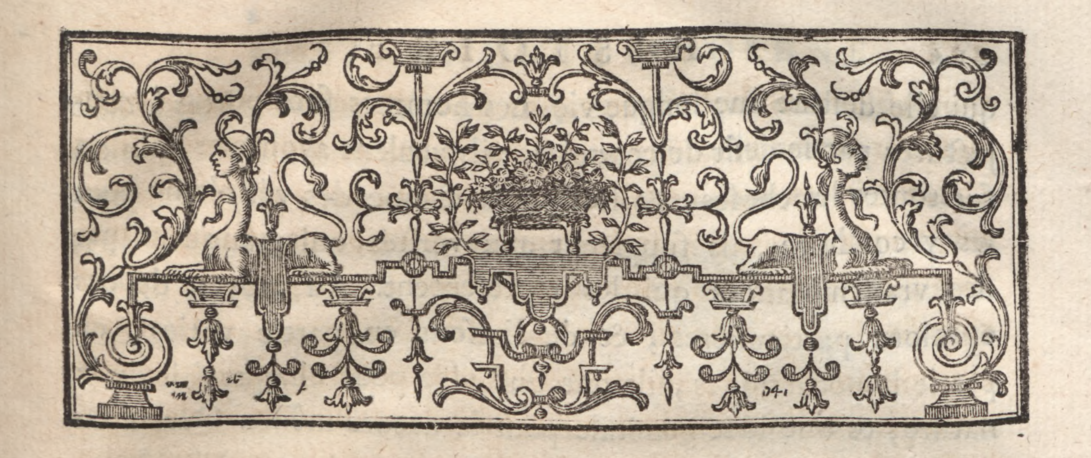
l'œuvre de la patience ; il n'eſt preſque point de découverte qui ne lui eût coûté des ſiecles. C'eſt ce qui eſt arrivé aux anciens; ils ont aſſez bien connu les révolutions des aſtres & leurs principales inégalités. Mais ſans compter les ſiecles du peuple antérieur, les Chaldéens ſeuls y ont employé plus de deux mille années, & ils n'ont pu aller plus loin. Le détail des choſes eſt un labyrinthe où il eſt néceſſaire d'avoir un fil ; & ce fil eſt ici la connoiſſance, ou du moins le ſoupçon des cauſes. Mais comment ce ſoupçon peut-il conduire à une vraie connoiſſance, ſi l'on n'a une balance de comparaiſon, où les effets & les cauſes puiſſent être amenés à l'équilibre, & où on voye clairement que les effets démontrent ce que les cauſes annoncent.

Cette balance, où elles ſont appréciées, eſt la Géométrie. Lorſque le génie de Copernic eût rétabli les planetes dans leur véritable ordre ; lorſque Kepler, occupé à ſuivre de près leurs mouvemens, les vit s'écarter de la forme circulaire, ſi chère à l'antiquité, le premier bienfait de la Géométrie fut de lui fournir une courbe qu'il pût ſubſtituer au cercle, une ellipſe où ces mouvemens fuſſent renfermés. Ce premier ſecours étoit déjà important ; ſi l'ellipſe n'avoit pas été connue, on auroit été obligé de déterminer l'inégalité, ſes accroiſſemens, ſes diminutions, en les ſuivant pied à pied par obſervation. Que de tems pour cette ſuite d'obſervations, que d'erreurs viennent s'y mêler ! Il eût fallu recommencer cent fois. Le déſeſpoir que Kepler ſentoit de ne pouvoir expliquer les mouvemens de Mars, prouve quelle en étoit alors la difficulté. Ce déſeſpoir eût été celui des Aſtronômes & des ſiecles. Lorſque la Géométrie montra que Mars ſe mouvoit dans une ellipſe, elle revela une loi générale. Ce n'eſt pas ſeulement la planete de Mars, qui a été ſoumiſe au génie de Kepler, ce ſont toutes les planetes alors

connues & découvertes depuis. Cette généralité eſt l'avantage ineſtimable de la Géométrie ; c'eſt à elle qu'il faut demander la cauſe de ces effets ſemblables. Kepler vit bien qu'il y en avoit une qui renfermoit les planetes dans des ellipſes : il ſoupçonna même qu'elle réſidoit dans le ſoleil; mais la Géométrie n'étoit pas alors aſſez avancée pour cette vaſte comparaiſon de tous les effets avec une cauſe unique. Les philoſophes auroient pu la ſoupçonner, comme Kepler : le génie auroit propoſé des vues ſupérieures; mais que ſont toutes ces vues, lorſqu'elles ne peuvent être vérifiées? L'eſprit reſte dans l'incertitude : il héſite entre le ſentiment de ſa force & l'expérience de ſa foibleſſe ; entre cette foibleſſe qui l'expoſe à des erreurs, & cette force qui l'a ſouvent élevé aux plus hautes connoiſſances. Lorſque la Géométrie fut devenue plus puiſſante entre les mains de Deſcartes & de Newton, ce dernier, comme philoſophe, entrevit la loi ; & comme Géometre, la balance à la main, il demanda aux phénomènes l'intenſité de cette loi, & ſon poids ſur l'univers. La même balance lui permit de faire les comparaiſons particulières ; il n'eut plus qu'à parcourir les ſphères, & à peſer l'influence modifiée de la loi avec les effets obſervés. Mais il ne put achever cette entrepriſe, & parce qu'elle étoit trop vaſte pour un homme, quelque grand qu'il fût, & parce que l'inſtrument même n'étoit pas aſſez perfectionné. Il l'a été, il le ſera peut-être encore ; & c'eſt ici que les avantages de la Géométrie ſe multiplient. La connoiſſance & l'explication des grands faits ne ſuffiſent pas; c'eſt dans les détails que l'Aſtronomie a encore plus beſoin d'un guide. Si les planetes décrivent des ellipſes, elles en ſont continuellement dérangées : la Lune, Saturne, Jupiter, ſes ſatellites en offrent des exemples ; leurs orbes mêmes ſont en mouvement. Les cometes ont des périodes, mais inégales. Quels ſeroient les hommes, quel ſeroit le tems

qui eussent conduit l'observation à un degré suffisant de certitude sur toutes ces déterminations ? Une loi simple produit un chaos d'effets. Les inégalités, qui naissent de la loi même, forment un dédale où l'esprit humain se fût perdu. Chaque molécule de la matière a son action dans le grand tout, & son rôle sur la scène du monde ; & c'est dans la mêlée de toutes ces puissances qu'on doit juger les efforts & apprécier les produits. Il a fallu un calcul assez fin pour saisir ces molécules, malgré leur petitesse, & pour estimer leur foible énergie ; il a fallu ensuite un art de réunir ces actions en masse, comme a fait la nature pour produire des effets sensibles. Cette faculté accordée à la vue de l'esprit, de voir ce que les seuls organes physiques n'auroient pu démêler, cette profondeur de recherches, qui semble une espece de divination, ne sont pas les uniques avantages de la Géométrie. Avec elle, l'homme sait plutôt, & il est plus sûr de ce qu'il sait ; économie dans le tems, repos dans la possession de la vérité, voilà ce qu'il doit encore à la Géométrie. La nature peut se développer lentement, tout confondre, & tout compliquer, pour se cacher; l'homme devancera toujours les siecles, & il marquera ses œuvres du sceau de la certitude.





HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS IV.

Conjectures & Opinions physiques.

LES conjectures, les opinions doivent avoir une place dans les connoissances des hommes ; elles font la nuance entre les fables & les vérités : elles appartiennent aux unes par le défaut de preuves suffisantes ; elles approchent plus ou moins des autres par leur vraisemblance. Si on retranchoit ces rameaux naissans sur l'arbre de nos connoissances, on priveroit l'avenir des fruits que plusieurs de ces rameaux peuvent produire. Il en est des idées comme des germes que la nature répand avec profusion ; un grand nombre périt avant de mûrir : mais au moment qu'ils se développent, on ne peut distinguer ceux à

qui elle destine une longue vie. Les hommes sont portés à conjecturer par le desir de connoître : ils veulent avoir une opinion sur toutes les choses ; & lorsque la chaîne des vérités ne peut les y conduire, ils suppléent aux vérités qui manquent par des vraisemblances qui les représentent. Au moyen de ces opinions particulières, & de liaisons en partie vraies, en partie hypothétiques, ils ont une idée pour chaque fait de la nature, & une idée générale pour la nature même. Quand on considere le Soleil, qui, placé au centre de notre systême, semble se consumer pour nous éclairer ; les planetes pesantes qui roulent autour de lui, la Lune qui accompagne la Terre, les satellites qui entourent Jupiter & Saturne, l'anneau singulier dont cette dernière planete est environnée, ces étoiles qui brillent dans l'obscurité des nuits ; & ces espaces d'une lumière pâle & blanche, ou semés dans le ciel, ou réunis en zone pour former la voie lactée, un grand nombre de questions se présentent à un esprit curieux.

On desireroit savoir l'origine de ces merveilles, leur usage & leur destinée dans un monde qui doit avoir commencé, qui change sans cesse, & qui doit finir un jour ; on voudroit comparer ces différens objets, & les connoître l'un par l'autre. Nous avons déjà dit ce que les probabilités permettent de répondre sur la grande comparaison de l'astre brûlant & lumineux avec les astres opaques qu'il éclaire ; mais il est d'autres questions intéressantes.

Pourquoi trois de nos planetes ont-elles des satellites? D'où vient l'anneau de Saturne ? Quelle est la cause qui les a produits, & qui les assujettit à ces planetes ? Pourquoi les six planetes & les dix satellites se meuvent-ils tous dans le même sens, d'occident en orient? Pourquoi ces mouvemens s'accomplissent-ils dans une bande étroite du ciel ? Pourquoi la rota-

tion de la terre ſur elle-même, & celle qui a été obſervée dans pluſieurs autres planetes, s'accomplit-elle encore dans ce même ſens, d'occident en orient? Ces mouvemens ſe conſervent-ils dans leur entier, lorſque rien ne dure dans les choſes créées? La rotation eſt-elle conſtante, & n'eſt-elle pas ſujette à quelque inégalité, comme les autres mouvemens de l'univers? Les altérations que les planetes ſe cauſent mutuellement, ſe rétabliſſent-elles toujours à chaque révolution, & n'ont-elles pas des effets plus durables? Les eſpaces céleſtes où les aſtres ſe meuvent, ſont-ils entiérement vides de matière, & ſi l'éther les remplit, ce fluide, quelque rare qu'il ſoit, ne peut-il pas réſiſter au mouvement? La forme des orbites des planetes eſt-elle inaltérable? Si les cometes ont des retours périodiques, eſt-il sûr qu'elles en aient toutes, & qu'il n'y en ait aucune qui s'écarte, à cet égard, de la loi générale? Quelle eſt la nature de leurs queues, celle de la voie lactée, & de ces eſpaces d'une lumière terne que l'on voit dans le ciel, & auxquels nous avons donné le nom de nébuleuſes? Le ſoleil, qui régit tout au centre de notre ſyſtême, eſt-il réellement immobile? Cette force, cette attraction, qui produit tant de phénomènes dans ce ſyſtême, & ſans doute dans l'univers, eſt-elle en effet une cauſe primordiale?

A ces queſtions hardies, dont quelques-unes reſteront inſolubles, quels que ſoient les progrès du tems, dont les autres ont plus ou moins beſoin de ſa lumière, le ſage répondroit peut-être, *je ne ſai:* mais l'homme paſſionné, dévoré du deſir de connoître, irrité par les barrières que la nature lui oppoſe, ne ſe contentera point de cette réponſe; il oſera imaginer, deviner; il jugera ce qu'il ne peut voir par ce qu'il a vu, & traçant un plan à ſon activité inquiete, il ſaura du moins où & comment il doit chercher. Si les hommes avoient

toujours écouté cette raiſon circonſpecte, ils n'auroient jamais devancé le tems ; la vie des individus & des peuples mêmes eût été trop courte pour une marche ſi lente. La ſageſſe tranquille, qui n'a que des deſirs modérés, eſt une vertu dans la morale : mais l'inquiétude eſt le principe du mouvement des eſprits; les paſſions ont tout fait ſur la terre. Le beſoin de connoître & celui de la gloire ont précipité les pas des ſciences; ſans les paſſions, la ſociété ſeroit encore telle que dans l'état ſauvage, & les ſciences à leurs premiers commencemens.

Dans les réponſes que l'on a faites aux queſtions que nous venons de rapporter, il a été ſouvent plus facile d'exclure des cauſes que d'en imaginer : c'eſt le premier degré des connoiſſances ; & ſouvent nous y ſommes reſtés. M. de Maupertuis a tenté d'expliquer la formation de l'anneau de Saturne, & celle des ſatellites. On ſait que les cometes, ſur-tout lorſqu'elles reviennent de leur périhélie, traînent après elles de longues queues, qui, ſuivant l'opinion de Newton, ſont des torrens immenſes de vapeurs que la chaleur du ſoleil a fait exhaler de leur ſubſtance. Si une comete paſſe très-près de quelque groſſe planete, l'attraction de cette planete pourra détourner ce torrent, & le déterminer à circuler autour d'elle ; voilà l'anneau. Le corps même de la comete pourra être entraîné, forcé également de circuler ; & la planete aura un ſatellite. On ſent cependant que la planete peut avoir un anneau ſans ſatellite, ſi le corps de la comete réſiſte par ſa maſſe, & ne perd que la colonne de vapeurs exhalée de ſon ſein, comme la comete peut avoir un ſatellite ſans anneau, ſi la comete qu'elle attire & dont elle s'empare, n'a point aſſez approché du Soleil pour acquérir cet ornement, qui a ſi long-tems effrayé les peuples de la terre. Saturne eſt la ſeule planete qui ait un anneau; le nombre de ſes ſatellites peut faire croire qu'il a été acquis

aux

aux dépens de pluſieurs cometes (*a*). Cet anneau ſeroit donc formé des dépouilles de cinq cometes ; dépouilles placées les unes près des autres, & qui contribuent à former ſa largeur. L'obſervation pourroit appuyer cette idée, puiſqu'elle a fait voir une duplication dans la largeur de l'anneau. M. du Séjour (*b*) incline même à penſer que cet anneau eſt formé de pluſieurs couches concentriques qui ſe meuvent ſéparément, & avec des vîteſſes différentes. Mais cette idée ingénieuſe de M. de Maupertuis a été détruite par la Géométrie. M. du Séjour a montré que les planetes n'avoient pas le pouvoir de forcer les cometes à devenir leurs ſatellites, ou du moins le pouvoir de les garder. Il faut donc croire que les ſatellites de la Terre, de Jupiter & de Saturne, qui reſtent à jamais ſous la loi de leur planete principale, y ont été aſſujettis dès l'origine des choſes. La raiſon de cet aſſujettiſſement tient ſans doute à la première raiſon de l'exiſtence qui nous ſera toujours inconnue. Quant à l'anneau, M. de Mairan penſoit que Saturne avoit été originairement un globe beaucoup plus conſidérable, & que l'anneau eſt l'équateur de l'ancienne planete. Mais ce n'eſt pas tout d'imaginer une deſtruction opérée, il faut pouvoir lui aſſigner une cauſe qui en faſſe concevoir la néceſſité. M. de Buffon (*c*) croit que lorſque la planete étoit encore liquide, les parties de l'équateur ſe ſont élevées par un excès de la force centrifuge ſur la peſanteur, & qu'en ſe durciſſant, elles ſont reſtées ainſi ſuſpendues à quelque diſtance de la planete. L'anneau de Saturne ſeroit donc ſemblable à la protubérance qui éleve notre équateur ; ſeulement cette protubérance, par un effet particulier à Saturne, ſe ſeroit éloignée & détachée du

---

(*a*) Maupertuis, Figure des aſtres, p. 124.

(*b*) Eſſai des phénomènes relatifs à l'anneau de Saturne, pages III. & XXV.

(*c*) Hiſtoire naturelle *in*-12, Tome I, p. 222.

globe. Quoiqu'on ignore par quel méchanisme cette séparation a pu être effectuée, cependant, comme la force centrifuge est la cause de ces élévations & de l'altération des formes sphériques, on peut soupçonner cette cause dans la formation de l'anneau, sans pouvoir dire comment elle a agi. M. du Séjour observe que le même méchanisme, qui a produit la formation de l'anneau, doit présider à sa conservation. L'opinion, qu'il se soutient à la manière des voûtes, ne peut subsister; M. du Séjour pense que la gravité, toujours agissante, ne manqueroit pas de le détruire. D'ailleurs, si les planetes ont été originairement fluides, l'anneau liquide se seroit réuni par la pesanteur au globe de la planete. Il faut croire que cette force a été contrebalancée par une force centrifuge; il en faut donc conclure que l'anneau a un mouvement de rotation assez rapide. Il faut conclure encore que cet anneau, plan & mince, ayant les différentes parties de sa largeur différemment éloignées du centre de Saturne, ces parties qui pesent plus ou moins, à raison de leur distance, doivent se mouvoir plus ou moins vîte, pour opposer toujours à la pesanteur une force centrifuge qui lui soit égale. La largeur de cet anneau doit donc être composée de plusieurs zônes contiguës, qui font leurs révolutions autour de Saturne dans des tems différens. (*a*). Cette conjecture très-probable revient à l'idée de Jacques Cassini, qui pensoit que cet anneau étoit composé d'une infinité de satellites, assez serrés les uns contre les autres, pour ne point laisser d'intervalle sensible entr'eux, & marchant ensemble à pas mesurés & sans se quitter. Cet exemple prouve qu'il peut y avoir quelque chose de vrai dans des conjectures peu vraisemblables. L'idée de satellites, qui marchent ensemble de concert,

(*a*) Essai sur les phénomenes de la disparition de l'anneau de Saturne, p. 401.

ne pouvoit pas être admise; mais elle n'a plus rien qui choque, lorsqu'on substitue à chaque rang de satellites une zone continue. On conclut encore de ces considérations que Saturne doit avoir un mouvement de rotation sur lui-même; parce que si la matière de son anneau a reçu ce mouvement, on ne voit pas pourquoi celle de son globe en seroit privée. Ainsi il a une révolution diurne, comme la Terre, Jupiter, Mars, Vénus, la Lune, & comme son anneau.

La seconde question a pour objet le mouvement de nos planetes, qui se fait dans le même sens, & dans des plans presque circulaires & peu inclinés sur l'écliptique. On peut demander la cause de ces conformités; ou du moins si ces conformités en ont une. Ce fut le sujet du prix de l'Académie des Sciences de Paris, partagé en 1734 entre deux pieces, dont les auteurs étoient le célebre Jean Bernoully & son fils, M. Daniel Bernoully, alors jeune héritier du nom & du génie de son pere. M. Daniel Bernoully observe que toutes les planetes sont renfermées dans une zône du ciel, qui contient à peu-près la dix-septieme partie de la surface de la sphère. Or si l'on considere les six planetes lancées au hasard dans les espaces célestes, il y a 1419856 contre 1 à parier que les cinq orbites ne seront point resserrées dans cette zône, & n'auront point la position qu'elles ont à l'égard de la sixieme, ou de l'orbite de la terre. M. Bernoully en conclut que cette position ne peut être l'effet du hasard; elle est l'effet d'une cause commune aux planetes, & qui les a toutes forcées de se mouvoir dans le même sens, & dans des orbites peu différentes (*a*). On a objecté que les probabilités ne devoient pas considérer les événemens passés comme les événemens futurs.

(*a*) Piece du prix, p. 99.

Ceux-ci ſont tous poſſibles ; ils ont chacun une probabilité que l'on peut aſſigner en nombre : il y a tant à parier contre un, qu'un événement déterminé n'arrivera pas. Mais lorſqu'il eſt arrivé, il n'y a pas à s'étonner qu'entre tous les événemens poſſibles, ce ſoit celui-là plutôt qu'un autre. Sans doute les loix du ſort ne doivent point s'y appliquer ; il n'y a plus d'incertitude pour les choſes paſſées. Mais dans le cas des planetes, ce n'eſt point l'incertitude des phénomènes qu'on calcule, c'eſt l'incertitude des cauſes ; & celle-là ſubſiſte toute entière par notre ignorance, quoique les effets ſoient opérés depuis long-tems. Seize planetes ont été lancées dans la ſphère céleſte ; les cauſes ont-elles été dirigées indifféremment vers tous les points de cette ſphère ? Non, puiſque ces planetes ſe meuvent dans une bande étroite du ciel. Ces cauſes ont-elles agi en différens ſens ? Non, puiſque tous ces aſtres ont la même direction. Ces cauſes ſont donc ſemblables ; y en a-t-il ſeize différentes, & autant que de planetes, ou n'y en a-t-il qu'une ? Ont-elles agi ſéparément, ou à la fois & en un ſeul tems ? Voilà l'incertitude qu'on peut calculer. La reſſemblance qui regne entre les planetes, tant pour le ſens de leurs mouvemens que pour la proximité des plans de leurs orbites, nous porte naturellement, & par la vue de l'eſprit, à juger qu'une ſeule & même cauſe a produit ces mouvemens & diſpoſé ces orbites. Ce jugement eſt ſi naturel, qu'indépendamment de tout calcul, il peut avoir quelque certitude. Mais rien n'eſt réellement certain que ce qui eſt démontré, & la concluſion que nous tirons ici ne l'eſt pas. Elle eſt donc accompagnée d'une legère incertitude, que l'on évalue par le calcul des probabilités ; & cette incertitude eſt comme l'unité contre 1419856. Cette concluſion eſt confirmée par une autre conſidération. Les cometes ſont des planetes comme celles qui ſe meuvent dans

le zodiaque ; mais ſi ces aſtres ont des reſſemblances, parce qu'ils dépendent également du ſoleil, parce qu'ils ſont éclairés de ſa lumière, parce qu'ils ont des retours périodiques, & qu'ils marchent dans des ellipſes plus ou moins alongées, ils ont des différences très-remarquables. Les cometes ne ſe meuvent point toutes dans le même ſens ; il y en a qui vont, comme les planetes, d'occident en orient, ſuivant l'ordre des ſignes du zodiaque ; il en eſt d'autres qui vont dans un ſens abſolument contraire, c'eſt-à-dire, d'orient en occident, en remontant contre l'ordre de ces lignes, ce qui les a fait nommer cometes rétrogrades. D'ailleurs ces aſtres ne ſont point enfermés dans une zône particulière, ſemblable au zodiaque; ils paroiſſent errer librement dans le ciel, le parcourir dans tous les ſens, tantôt ſerrant de près l'écliptique, tantôt s'élevant juſqu'au pôle. Cette diſpoſition paroît donc appartenir davantage à ce que nous appelons haſard. Il y a oppoſition dans les effets ; il ne peut y avoir identité dans les cauſes. M. du Séjour a remarqué que ſur ſoixante-trois cometes connues, il y en a trente-cinq directes & vingt-huit rétrogrades, que les inclinaiſons de leurs orbites, toutes différentes entre elles, ſont telles que, ſi l'on partage de dix en dix les 90 degrés de l'angle droit, il y aura à peu-près un pareil nombre de cometes dans chacune de ces diviſions. Il en réſulte que l'inclinaiſon moyenne entre toutes ces inclinaiſons s'éloigne peu de 45°, ou de la moitié de l'angle droit. Or ſi les cometes ont été lancées au haſard, il n'y a pas de raiſon pour qu'elles ſe meuvent plutôt d'occident en orient que d'orient en occident ; il doit y en avoir autant dans un ſens que dans un autre. Quant aux inclinaiſons, elles doivent embraſſer tous les angles poſſibles depuis 0° juſqu'à 90 : il doit y en avoir autant au-deſſus qu'au-deſſous de 45° ; & cette moitié de l'angle

droit ſera la quantité moyenne de ces inclinaiſons. Ces aſtres portent donc les caractères du haſard qui les a lancés, ou de l'indifférence de choix qui les a diſperſés. Il n'y a point de cauſe générale qui les ait fait mouvoir plutôt dans un ſens que dans un autre, ni dans un plan, ou près d'un plan déterminé. Pluſieurs différences les diſtinguent des planetes ; tandis que celles-ci ſont lourdes & peſantes, les cometes qui voyagent ſi loin, ſemblent legères de maſſe, ſoit qu'elles ayent beaucoup de volume & peu de matière, ou qu'elles ayent un petit volume proportionné à ce peu de matière (*a*). Les planetes aſſujetties, comme elles, au ſoleil, ſemblent en dépendre davantage ; elles en ſont plus près, elles ſe meuvent dans des ellipſes qui s'écartent beaucoup moins du cercle & qui n'ont point la forme alongée des orbes des cometes. Les probabilités nous autoriſent donc à croire que ces deux eſpeces de corps ſont différens par leur deſtination & par leur formation. Quelles que ſoient les cauſes, qui ont diſperſé les corps céleſtes & réglé leurs mouvemens, il y en a une particulière qui a

---

(*a*) Cette opinion de la legéreté des cometes, ou de leur foible maſſe attractive, eſt l'opinion générale ; elle eſt fondée ſur quelques faits. (Voyez *Suprà*, pag. 196.). Cependant M. Winthrop ſuppoſe que les limites d'attraction du ſoleil & d'une comete partagent leur diſtance réciproque en raiſon ſous-doublée de leurs quantités de matière. Enſuite, en partant de l'opinion de Newton, que les chevelures des cometes ſont des vapeurs qui s'élevent de leur globe, il fait voir que ces vapeurs ne doivent point paſſer ces limites. Il s'enſuit qu'en meſurant le diametre de la chevelure, lorſque les diſtances de la comete au ſoleil & à la terre forment un angle droit, on a la diſtance de ces limites au centre de la comete & du ſoleil ; on en peut donc déduire le rapport de leurs maſſes, & ſi on a meſuré le diametre du noyau de la comete, on a ſa denſité. C'eſt ainſi que M. Winthrop a trouvé que la comete de 1665 étoit trois fois & demie plus denſe que la terre, & celle de 1682 environ une fois moins ; ce qui eſt conforme à la loi de Newton, que les corps les plus proches du ſoleil ſont les plus denſes. La comete de 1665 a en effet approché une fois plus près que celle de 1682, (*Tranſactions philoſophiques*, 1767, page 132). Mais cette loi, réglée ſur la proximité, ne peut ſervir à comparer les cometes qu'avec elles-mêmes. Lorſqu'on voudra comparer leur denſité à celle des planetes, il eſt plus naturel de ſe régler ſur leur éloignement ; & alors la loi de Newton nous indiquera que les cometes, qui s'écartent à des diſtances énormes, doivent avoir très-peu de maſſe.

décidé le sens du mouvement dans lequel se meuvent les six planetes & leurs dix satellites, qui a resserré ces mouvemens dans une zône étroite du ciel. Quoique nous ne connoissions point cette cause, c'est beaucoup de pouvoir dire qu'il y en a une. M. Daniel Bernoully présume que cette cause est dans l'atmosphère du soleil. Cette atmosphère est proportionnée à la grandeur du corps qu'elle entoure; elle s'étend au loin, & le soleil tournant sur son axe, la forçant de l'accompagner dans son mouvement de rotation, comme l'air accompagne la terre, frappe au moyen de ce levier, tous les corps qui se rencontrent dans la direction de ce mouvement. Les corps y résistent par leur masse & par leur inertie; c'est pourquoi les planetes ne se meuvent pas avec la même vîtesse que l'atmosphère solaire, & ont des révolutions beaucoup plus longues que le tems de la rotation du soleil. Mais toutes ont été obligées de céder à cette action, de suivre le sens du mouvement qu'elle imprime, & de se ranger ou dans le plan, ou très-près du plan de l'équateur solaire. L'action de cette atmosphère doit être proportionnelle à sa densité, & cette densité plus grande près des bords du soleil, décroît en raison inverse du carré de la distance; mais elle augmente aussi en s'éloignant de cet astre, parce que la chaleur diminue. Ces deux causes se modifient, & la plus grande densité peut être placée suivant le besoin, & par hypothèse, ou plus près, ou plus loin du soleil. On voit d'abord que pour expliquer tout, l'atmosphère doit s'étendre jusqu'à Saturne; c'est beaucoup sans doute (*a*). Ces limites posées, on apperçoit pourquoi les cometes se meuvent à cet égard par des loix particulières; c'est que

(*a*) M. de Mairan, par certaines mesures, a estimé qu'elle atteignoit au moins l'orbe de la Terre, & pouvoit passer au-delà. (*Aurore boréale*, p. 26). Mais l'étendre jusqu'à Saturne, c'est l'étendre huit ou dix fois plus.

s'éloignant fort au-delà de Saturne, l'atmoſphère ſolaire ne les atteint pas, & les laiſſe libres de ſuivre les cauſes primitives & différentes qui les ont miſes en mouvement. En même tems, les atmoſphères particulières aux planetes impoſent des loix ſemblables aux ſatellites. En effet les quatre, qui accompagnent Jupiter, ſe meuvent dans le plan de ſon équateur. Les quatre premiers ſatellites de Saturne ſe meuvent dans le plan de ſon anneau, & très-vraiſemblablement dans celui de ſa rotation. Si le cinquieme s'en écarte, ſi la lune s'écarte auſſi du plan de l'équateur terreſtre, c'eſt par des raiſons qu'il ſeroit trop long de détailler ici (*a*); une vue générale nous ſuffit. Cette cauſe eſt ſans doute très-hypothétique; elle peut donner lieu à beaucoup d'objections. Mais quand on conſidere d'une part l'identité du mouvement des planetes & de la poſition de leurs orbites, & que de l'autre on voit le ſoleil tourner ſur ſon axe dans le plan même de ces orbites, dans le même ſens que ces planetes, entraîner avec lui une atmoſphère qui doit être puiſſante comme lui, qui eſt infiniment étendue, qui peut agir au loin, on eſt fort tenté de penſer que ces différens effets ſe tiennent, & que les uns ſont la cauſe des autres. Kepler avoit ſenti la néceſſité de cette cauſe, il s'en eſt ſervi comme M. Bernoully; & avant que les phénomènes fuſſent découverts, il avoit créé l'atmoſphère ſolaire & deviné la rotation du ſoleil.

Les planetes ont encore une reſſemblance ſingulière; c'eſt que leur mouvement de rotation ſe fait dans le même ſens que leur mouvement de tranſlation. Sur quatre planetes dont la rotation eſt connue, Vénus ſeule offre un phénomène particulier; elle tourne ſur elle-même perpendiculairement au

(*a*) Piece du prix 1734, pag. 103 & ſuiv.

plan

plan de son orbite; mais Jupiter, Mars & la Terre tournent sur eux-mêmes, comme ils se meuvent d'occident en orient. Cette nouvelle ressemblance confirme encore l'identité de la cause du mouvement. M. de Fontenelle *(a)* a cru l'expliquer, en examinant ce qui arrive aux boules qui roulent. Il résulte en effet de ce mouvement une rotation & un mouvement autour de leur centre. Mais ce mouvement est perpendiculaire à la ligne qu'elles décrivent, au plan dans lequel elles se meuvent; il est semblable à celui de la rotation de Vénus, mais entiérement différent du mouvement des autres planetes. Jean Bernoully, illustre pere de M. Daniel Bernoully, a rencontré plus heureusement. Lorsqu'un corps est lancé par une impulsion, tout dépend de la direction du coup, & du point où ce corps a été frappé : si la direction a passé par le centre de gravité, la matiére de ce corps, qui se balance & se fait équilibre autour de ce centre, obéissant dans sa totalité à l'action imprimée, en a suivi la direction; si au contraire le coup n'avoit frappé qu'à la circonférence du globe, une petite partie en auroit reçu seule l'impression, & comme elle tient à la masse, il en auroit résulté uniquement une rotation de cette partie, & de la masse entière autour du centre, sans translation. Mais si la direction du coup a passé au-dedans du corps, & à quelque distance du centre de gravité, les deux effets ont lieu à la fois : une partie de l'effort produit un mouvement de translation de tout le corps, & l'autre un mouvement de rotation; rotation qui est d'autant plus lente, que la direction a passé plus près du centre où cette rotation auroit été nulle. Jean Bernoully déduit de ces principes que la Terre a dû être frappée à une distance du centre égale à $\frac{1}{150}^e$ du rayon, Mars à $\frac{1}{418}^e$,

(a) Pluralité des mondes, pag. 43.

& Jupiter à $\frac{7}{19}$ es (a). M. d'Alembert, examinant quel coup & quelle direction ont pu produire la rotation ſingulière de la Lune, trouve que cette planete a dû être frappée préciſément comme la Terre à $\frac{1}{150}$ e de ſon centre (b). Il eſt vrai que ces réſultats ſuppoſent que les deux planetes ſoient homogènes ; mais il y a lieu de croire que cette reſſemblance ſubſiſteroit encore, quand elles ne le ſeroient pas. Il paroît donc que le mouvement de tranſlation & celui de rotation ont une ſeule & même cauſe ; ils dépendent tous deux de la manière dont cette cauſe a été appliquée. Il paroît encore que la Lune & la Terre, qui ſont enchaînées plus particuliérement l'une à l'autre, ont été ſemblablement frappées. Tout ſemble donc prouver, dans le mouvement des ſeize planetes qui entourent le Soleil, dans la diſpoſition de leurs orbes, dans la formation de ce vaſte aſſemblage, & l'identité de cauſe, & l'identité de tems.

Mais dans ce ſyſtême, les liens de tous ces grands corps ne peuvent-ils pas ſe détruire, ou du moins ſe relâcher ? Ces mouvemens dans l'eſpace & autour du centre ſont-ils inaltérables ? Ces queſtions ſont difficiles ; pour y ſatisfaire, nous ſommes encore bien jeunes ſur la terre & dans les ſciences. Tout vieillit avec nous : tout doit finir ſans doute ; mais les grands ouvrages de la nature ont une vie ſi longue, que nous vieilliſſons, nous mourons, ſans voir leurs progrès vers la décrépitude. Nous allons dire cependant ce que les générations, qui ſe ſont ſuccédées, ont vu ou penſé de ces altérations. La plus difficile à conſtater ſeroit celle du mouvement de rotation. Nous ne pouvons meſurer un mouvement que par un autre. Si nous avions une horloge dont la marche fût par-

(a) *Bernoully Opera*, Tome IV, p. 283.

(b) Recherches ſur le ſyſt. du monde, Tome II, p. 255.

faitement régulière, elle nous feroit connoître l'égalité ou l'inégalité des révolutions diurnes de la terre; mais il n'est point d'horloge, si bonne qu'elle soit, à qui l'on puisse accorder cette confiance. Nous ne pouvons au contraire nous assurer de sa marche, qu'en la comparant à la durée des jours, à la rotation du globe, supposée uniforme. La longueur de l'année, toutes les révolutions célestes sont mesurées par des jours; il semble que si ces durées & ces jours sont variables, le rapport & le nombre de ces jours ne sera plus le même. Mais si tous ces mouvemens sont susceptibles de s'altérer, on ne pourra savoir lequel s'altere en effet, ou lequel s'altere le plus. Si, par exemple, la durée de l'année, qui comprend aujourd'hui un certain nombre de jours, d'heures, de minutes, &c. a embrassé jadis quelques jours, ou plutôt quelques portions de jour de plus, on pourroit en conclure que nos jours sont plus longs, que la révolution de la terre est plus lente; mais il faudroit que l'année elle-même n'eût pu souffrir aucune diminution. C'est ce que nous sommes bien loin de pouvoir assurer; l'analogie même rend cette diminution de l'année plus probable que celle des jours.

S'il y avoit une inégalité dans le mouvement diurne de la terre, elle seroit ou périodique, ou successive & constante. La première, l'inégalité périodique, seroit sans doute très-petite, & d'autant plus difficile à reconnoître. Dominique Cassini a cru remarquer quelque inégalité dans la rotation de Jupiter : cette inégalité lui paroissoit dépendre de la distance de la planete au Soleil ; elle devoit par conséquent être périodique, comme la révolution (*a*). Ce phénomène, s'il existe, seroit intéressant à constater, parce que l'ana-

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. Tome X, p. 421.

logie nous autoriseroit à supposer une variation semblable dans le mouvement diurne de la terre. Le P. Walmesley a vu que l'élévation des marées, qui change deux fois par jour la forme de la terre, modifiant l'action du soleil sur elle, pourroit altérer la révolution diurne ; mais l'effet n'est que la vingt-quatrieme partie d'une seconde de tems ; il est périodique & s'accomplit dans l'intervalle d'un solstice à l'autre (*a*). Il est semblable à celui que Dominique Cassini a soupçonné dans Jupiter ; & par sa petitesse il est inobservable. Il n'y a donc que les observations de Jupiter qui puissent quelque jour nous éclairer à cet égard ; & encore l'inégalité de sa rotation ne pourroit être transportée & supposée dans notre globe que par conjecture ou par analogie. L'altération successive & constante de la rotation de la terre seroit aussi difficile à connoître, parce que, nous l'avons dit, nous ne pouvons que comparer entre eux les mouvemens célestes; il en faudroit un invariable pour servir de mesure commune. Nous avons choisi la durée du jour; mais si nous sommes en doute sur cette durée même, nous ne saurons où prendre les moyens de déterminer son inégalité. Il faut distinguer dans les soupçons qu'on peut avoir de l'inégalité du mouvement diurne de la terre, ceux qui seront fondés sur une cause connue & évidente d'altération, de ceux qui naîtroient d'une simple possibilité, & de l'opinion que tout varie & tout change dans la nature. M. Euler pensoit il y a quelque tems que la force de Jupiter diminue considérablement le mouvement annuel de la Terre, & que cette diminution seroit très-sensible, si le mouvement diurne ne s'étoit pas accéléré en proportion (*b*). Mais les recherches qui ont été faites depuis, ont pu le faire changer d'opinion à cet égard. On dit bien que le vent cons-

---

(*a*) Transl. philos. 1758, p. 809.

(*b*) *Ibid.* 1749, n°. 494.

tant qui ſouffle ſur la terre de l'eſt à l'oueſt entre les tropiques, le mouvement par lequel la mer ſemble s'avancer avec lenteur dans le même ſens, doivent être les effets de quelque cauſe puiſſante, dont l'action oppoſée à la rotation de la terre, peut influer également ſur cette rotation, & la retarder peu à peu. Mais ſi l'on ſoupçonne que la chaleur, en raréfiant l'air ſous la route diurne du ſoleil, produit le vent d'eſt qui ſe leve avec cet aſtre (*a*), il s'en faut bien que l'on connoiſſe la cauſe du mouvement qui ſemble porter la mer du même côté. D'ailleurs cet air en mouvement avec une vîteſſe de vingt ou trente pieds par ſeconde, mais avec ſi peu de maſſe, cette mer, qui, en tant de ſiecles a ſi peu changé, quelle action auroient-ils pour mouvoir un globe de trois mille lieues de diametre?

Si les jours devenoient plus longs, ſi la terre tournoit avec moins de vîteſſe, toutes les révolutions comptées par des jours, paroîtroient s'accélérer; & ſi les quantités de cette accélération, meſurées en degrés dans chaque orbe, étoient différentes pour chaque planete, meſurées en tems, elles ſeroient égales pour toutes les planetes dans une même durée de tems (*b*). Cette égalité n'a pas lieu; ainſi aucun phénomène ne nous porte à croire que la rotation de la terre ait ſouffert quelque altération. Nous ne connoiſſons encore aucune cauſe qui ait pu la produire; il faudroit ſoupçonner ici ſans motif, ſans néceſſité, & l'effet inobſervé, & la cauſe inconnue. Nous

---

(*a*) Halley & M. le Gentil ne conviennent pas de cette direction; ils penſent que ce vent ſouffle du ſud-eſt dans la partie méridionale de la zône torride, & du nord-eſt dans la partie boréale. *Voyage de M. le Gentil*, Tome I, p. 637.

(*b*) M. de Fouchy penſe que la rotation du ſoleil, les révolutions des ſatellites pourroient fournir un moyen de déterminer l'altération du mouvement diurne de la terre. Les durées de ces révolutions ſeroient ſans doute différentes en différens tems, ſi la durée du jour n'étoit pas toujours la même. Mais quand elle ſeroit variable, ce ne ſeroit que d'une petite quantité; & il eſt bien difficile que les obſervations, dont il eſt ici queſtion, ſoient jamais aſſez préciſes pour faire appercevoir cette petite quantité.

devons croire à la régularité & à la conſtance du mouvement diurne, juſqu'à ce que le tems nous ait dévoilé des phénomènes contraires, ou des raiſons de préſumer ces phénomènes. Si l'expérience nous enſeigne que tout change & tout varie dans la nature, c'eſt plus ou moins ſenſiblement, & la même expérience nous autoriſe à croire que s'il y a une altération dans la durée du jour, elle eſt ſi petite qu'elle eſt inſenſible; & relativement à nos ſens bornés, aux obſervations qui nous ſont permiſes, il exiſte juſqu'ici pour nous une véritable conſtance dans ce phénomène; c'eſt tout ce qu'il nous importe de ſavoir. L'Académie Impériale de Pétersbourg a propoſé cette queſtion de l'altération du mouvement diurne de la terre pour le ſujet du prix de cette année 1781, & la queſtion ſera bientôt éclaircie, ſi elle peut l'être.

On peut donc ſuppoſer dans les mouvemens des globes qui tournent ſur eux-mêmes, une certaine conſtance que les obſervations n'ont point encore démentie; mais il n'en eſt pas de même de ceux par leſquels ces globes parcourent leurs orbites & marchent à travers les eſpaces céleſtes. Ces mouvemens, juſqu'ici & dans le peu de ſiecles qui ont été donnés à l'aſtronomie, ont paru ſuſceptibles de quelque altération, du moins l'obſervation en a reconnu une ſenſible dans les mouvemens de Saturne, de Jupiter, de la Lune, & peut-être même de la Terre. Nous ne parlons point des inégalités qui ſont périodiques, & qui finiſſent & ſe renouvelent à chaque révolution; nous parlons de celles qui ont paru croître conſtamment, & qui s'accumulant avec les ſiecles, ont forcé les Aſtronômes d'établir des équations, que, par cette raiſon, ils ont nommées ſéculaires. Quelle en eſt la cauſe? Voilà la queſtion qu'on peut faire, & que nous devons diſcuter; nous commencerons par Jupiter & Saturne. M. Halley avoit donné à la première

de ces planetes une équation de 3° 49′, & à la seconde une équation de 9° 15′ pour deux mille ans. M. de la Lande, par de nouvelles recherches, a réduit ces équations à 3° 23′, & à 5° 13′ (*a*). Il en résulte que dans cet intervalle de vingt siecles, Jupiter, qui a accéléré son mouvement est plus avancé qu'il ne devroit l'être de 3° 23′, & que Saturne, qui a ralenti sa marche, se trouve en arrière de 5° 13′ (*b*). Le premier objet de recherche est de savoir si cette altération des moyens mouvemens & des révolutions naît de l'action réciproque de ces planetes l'une sur l'autre. M. Euler s'en est occupé dans la piece qui a remporté le prix de l'Académie en 1752; il trouve en effet que le mouvement de Jupiter s'accélere, & que celui de Saturne se ralentit. Mais il y a cette différence entre la théorie & l'observation, que, suivant la théorie, l'une se ralentit précisément de la même quantité que l'autre s'accélere, au lieu que, suivant les phénomènes, Saturne paroit se ralentir plus que Jupiter ne s'accélere. Ces mêmes phénomènes ne fournissent pas, pour le ralentissement de Saturne, une quantité si grande que le donne la théorie de M. Euler; mais cette théorie confirmant la conjecture de Jacques Cassini montroit que ces altérations, quoique constantes dans une longue durée, ne devoient cependant pas l'être toujours. Le ralentissement & l'accélération devoient se succéder, & tout se rétablir après trois cent vingt-quatre mille ans. M. Euler avouoit à la vérité que quelques legers changemens, qu'il s'étoit permis pour éviter des difficultés insurmontables d'analyse, pouvoient faire que ces variations

---

(*a*) Astr. Tome I, p. 582; & les Tables, p. 137 & 152.

(*b*) M. Wargentin n'a même trouvé que 1° 17′ d'accélération en 1600 ans pour Jupiter, & nous 55′ (*Mém. Acad. des Scien.* 1768, p. 515 & 516.

ne s'arrêteroient pas & croîtroient à l'infini ; & il disoit avec la candeur de la supériorité, qu'il ne connoissoit point alors de méthode qui pût conduire à les déterminer (*a*).

Le tems & les progrès de la Géométrie ont fourni les moyens qui manquoient alors à la science : M. de la Grange a établi une belle théorie sur cette question (*b*); & il a d'abord trouvé, comme M. Euler, des altérations presque égales, en sens contraire pour Jupiter & pour Saturne, & plus conformes à celles que Halley avoit déduites des observations. L'accélération de Jupiter étoit encore trop grande, en la comparant à celle que M. Wargentin & nous avons établie depuis Halley (*c*). Au reste, M. de la Grange a averti que les formules cessoient d'être exactes après un certain nombre des révolutions de la planete ; cette incertitude des solutions naît de l'inconvénient des méthodes d'approximation. En travaillant sur de petites quantités évaluées par des termes décroissans, les ressources bornées de l'analyse, l'embarras des calculs exigent que pour simplifier, on se contente de prendre les premiers & les plus considérables de ces termes. Quand une quantité très-petite est multipliée une fois, ou plusieurs fois par elle-même, ce qu'on appelle ses puissances, elle diminue considérablement de valeur à chaque multiplication. Les deux Géometres, M. Euler & M. de la Grange, dans leurs calculs d'approximation, s'étoient arrêtés aux secondes puissances & n'avoient point passé au-delà. M. de la Place, en traitant de nouveau cette question importante, a poussé l'approximation plus loin & jusqu'aux troisiemes puissances. Ces quantités du troisieme ordre ont détruit ce qu'avoient donné celles du second, &

(*a*) Piece du prix 1752, p. 76 & 77.
(*b*) Mém. Acad. de Turin, T. III, p. 318.
(*c*) Mém. de l'Acad. des Sciences 1768, p. 516.

& l'altération des moyens mouvemens s'est anéantie. On n'en pourroit trouver une qu'en allant jusqu'aux quatriemes puissances ; mais les quantités de cet ordre sont si petites qu'il y a lieu de croire, sans prendre la peine d'un calcul long & pénible, que l'altération qui en résulteroit, seroit absolument insensible (*a*). Il faut avouer cependant que ces quantités négligées pourroient laisser quelque incertitude ; mais nous apprenons que M. de la Grange vient de démontrer dans les Mémoires de l'Académie de Berlin, que l'attraction réciproque des planetes & la non sphéricité de leurs globes ne peuvent produire aucune altération ni dans les moyens mouvemens, ni dans leurs révolutions. Sa méthode est aussi ingénieuse qu'elle est simple & rigoureuse. Les forces perturbatrices étant supposées très-petites, comme elles le sont dans notre systême, à l'égard de la force solaire, M. de la Grange fait voir que la nature de la courbe décrite ne change point ; l'orbite altérée est encore une ellipse, dont seulement la position & les dimensions sont variables à chaque instant. Le changement du grand axe peut seul influer sur la révolution ; & M. de la Grange démontre que ce changement du grand axe peut toujours être exprimé par des sinus ou des cosinus d'angles, excepté dans des cas qui n'ont point lieu dans notre systême. Toutes les variations du grand axe, & celles de la révolution qui en dépendent, sont donc périodiques (*b*). Cette démonstration est un trait de lumière dans la théorie générale des corps célestes ; elle apprend que ces corps peuvent se déranger, mais passagerement. Ces forces se balancent, l'équilibre se rétablit avec le tems ; & tout à cet égard est ordonné pour la conservation.

(*a*) Mémoires présentés à l'Acad, 1773, p. 221. Mém. Acad. des Sc. 1772, 2e Par. p. 352.

(*b*) Mém. Acad. Berlin pour 1776.

Si le tems de la révolution des planetes paroît susceptible de changer constamment, ce n'est point à la gravitation des corps célestes qu'il faut en demander la cause. Mais avant de la chercher, nous devons dire que le mouvement de la lune & celui de la terre, ou le mouvement apparent du soleil, semblent s'être accélérés depuis que l'Astronomie est cultivée. M. Richard Dunthorne, feu M. Mayer de Gœttingue, & M. de la Lande ont déduit tous trois des observations ce phénomène (*a*). Il n'y a pas moyen de représenter à la fois, & par un mouvement uniforme, les observations de la lune, faites quelques siecles avant notre ere par les Chaldéens & par Hypparque; celles qui ont été faites depuis chez les Arabes, dans le dixieme siecle; & celles que nous faisons aujourd'hui. On voit, en suivant les observations, placées à ces distances dans ce long intervalle de tems, la preuve d'une altération. M. Mayer établit l'équation séculaire qui en résulte, d'un degré environ en deux mille ans; voilà pour la lune. Quant au soleil, l'accélération de son mouvement n'est pas si bien constatée; M. Euler l'a soupçonnée le premier, & l'a supposée de 1° 7′ en deux mille ans (*b*). Nous avons voulu ajouter à cette opinion quelques probabilités vraisemblables, que les observations ne peuvent démontrer. Presque toutes les années des anciens peuples, dont quelques-unes paroissent déterminées avec précision, sont toutes plus longues que notre année actuelle (*c*); celle que l'on déduit de la période antique de 600 ans est de 365^j 5^h 51′ 36″, plus longue que la nôtre de 2′ 51″. Il est difficile de

(*a*) Transactions philosophiques, 1749, n°. 491.
Mém. de Gœttingue, 1752, p. 333.
M. de la Lande, Mém. Acad. Sc. 1767, p. 426.
Bailly, Mém. Acad. Sc. 1763, p. 19.

(*b*) *Voy.* ses Opuscules publiés en 1746, & les Transf. philosf. 1749, n°. 493.

(*c*) Astron. anc. p. 66, 110; Astr. mod. Tome I, p. 449.

douter de ſon exactitude comme de ſa haute antiquité ; nous avons cru pouvoir avancer que cette antiquité ſurpaſſoit quatre mille ans (*a*). M. le Gentil nous a appris que les Indiens, dans leurs calculs, appliquent au mouvement du ſoleil une correction conſtante de 2° 7′, qui nous a paru être une véritable équation ſéculaire ; d'autres probabilités nous ont portés à croire qu'elle avoit été établie pour une durée de trois mille ſix cent ans. Il en réſulte une équation ſéculaire de 38′ 47″ pour deux mille ans. Quoique ces réſultats ne ſoient point démontrés, à beaucoup près, nous avons pour nous l'analogie tirée de trois planetes, & les conjectures de M. Euler, qui s'accordent avec les nôtres.

Puiſque ces altérations ne dépendent point de la gravitation des corps céleſtes, la cauſe la plus naturelle qui ſe préſente pour les expliquer, eſt la réſiſtance du milieu où ces corps ſe meuvent. La gravité eſt une force ſans ceſſe renaiſſante, qui ne s'affoiblit point ; mais l'impulſion primitive qui a lancé ces corps, ayant été une fois donnée, & jamais renouvelée, doit perdre ſans ceſſe, ſi elle éprouve quelque réſiſtance. Cette force ne peut s'altérer, ſans que le tems des révolutions n'éprouve quelque changement ; & ce changement doit être une diminution. La force d'impulſion étant diminuée, celle de l'attraction prend plus d'empire ; le corps s'approche tant ſoit peu du centre, l'orbite devient plus petite, & eſt décrite en moins de tems. Le corps paroît donc ſe mouvoir plus vîte ; & voilà comment s'explique ce paradoxe ſingulier, qu'une diminution dans la force produit une accélération dans le mouvement. Newton, lorſqu'il établit ſa ſublime théorie, vit que depuis un grand nombre de ſiecles, les révolutions des planetes

---

(*d*) Mémoires de l'Acad. des Scien. 1773, p. 171.

étoient inaltérables ; il en conclut qu'elles n'éprouvoient aucune résistance, & qu'elles se mouvoient dans des espaces privés de matière & dans un vide absolu. Car tout ce qui existe est capable de résistance, & le fluide le plus subtil, nécessairement matériel, mais supposé sans résistance, seroit un être de raison. Cependant il est impossible que les espaces célestes soient réellement privés de toute matière ; le néant absolu n'est pas plus aisé à concevoir que l'infini. D'ailleurs nous les voyons remplis par la lumière ; elle part du soleil pour arriver aux planetes, elle revient des planetes à nous. Si la lumière est une véritable émission de la substance du soleil, si elle est réellement envoyée, propagée, réfléchie, tous ces voyages ne se font pas sans occuper, sans remplir les espaces qu'elle traverse. Quelque petites que soient ces molécules, elles ont une petite masse ; il faut que les corps en mouvement les déplacent, & ce déplacement ne se fait point sans quelque résistance. Et si, suivant la pensée de Descartes, la lumière étoit un fluide toujours répandu, toujours existant partout, & seulement mis en action par la présence des corps lumineux, ce fluide feroit obstacle au passage des corps. Le passage n'est pas plus libre dans l'état de stagnation que dans celui de circulation. Ainsi, quel que soit le fluide qui compose cet océan immense, que les anciens ont nommé éther, qu'il soit une matière particulière & analogue à un air infiniment subtil, ou la matière même de la lumière, ce fluide doit s'opposer au mouvement des planetes, & abréger tant soit peu, mais sans cesse, leurs révolutions. Lorsque Newton a conçu l'idée d'un vide absolu, ou du moins d'un milieu non résistant, il a été forcé par les observations, qui donnoient aux astres des révolutions constantes & inaltérables. Lorsqu'aujourd'hui nous nous élevons contre cette idée d'un vide absolu, qui répugne à la nature, lorsque nous

rendons à l'éther une résistance, qui est conforme aux loix de la saine physique, nous sommes forcés, comme lui, par les observations. Celles qui ont été faites depuis lui, les anciennes mieux approfondies, nous conduisent à un résultat contraire.

Il étoit naturel de consulter la théorie à cet égard ; l'Académie des Sciences de Paris demanda en 1762 si les planetes se meuvent dans un milieu, dont la résistance produise un effet sensible sur leurs mouvemens. M. l'abbé Bossut remporta ce prix. Il trouve que l'action de la résistance se borne à diminuer l'axe de l'orbite ; & que s'il y a quelque changement dans l'excentricité ou dans la distance des foyers, ce changement ne peut être que très-petit. M. l'abbé Bossut a résolu le problême dans deux suppositions différentes ; l'une que la densité de l'éther décroît en raison inverse de la distance, & l'autre, qu'elle décroît en raison du carré de la même distance. Il considere ensuite l'effet de la résistance sur le mouvement d'un satellite tel que la lune ; il trouve pour deux mille ans une équation séculaire de 44′ 40″, c'est-à-dire, un peu plus petite que celle qui a été déduite des observations par M. Mayer. La théorie montre que toutes les accélérations, nées, dans le mouvement des planetes, de la résistance de l'éther, sont liées par une relation nécessaire ; de manière qu'il suffit d'en connoître une pour connoître toutes les autres. M. l'abbé Bossut n'a trouvé en conséquence que 25″ pour le mouvement du Soleil ou de la Terre en deux mille ans; & des équations séculaires encore plus petites, & absolument négligeables, pour Jupiter & pour Saturne. Si l'accélération de la Lune, déduite de cette théorie, ne s'éloigne pas beaucoup de celle qui a été fournie par les observations, il n'en est pas de même de l'accélération du mouvement de la Terre, qui n'est par cette

théorie que de 25″, tandis que les obſervations ſemblent la donnêr de 38 ou 39′. Ces deux accélérations n'ayant point entr'elles la relation que la nature exige, il s'enſuit que l'une des deux & celle du ſoleil ſans doute, puiſqu'elle eſt la moins avérée par les obſervations, peut être regardée comme douteuſe, juſqu'à ce que nous ayons acquis une plus grande confirmation; ou que, ſi ces deux accélérations ſont auſſi vraies l'une que l'autre, il exiſte une autre cauſe qui a, ou augmenté celle du Soleil, ou diminué celle de la Lune. C'eſt cette cauſe qu'il faut chercher.

Peut-être tient-elle à la cauſe de tous les mouvemens, à la gravité dont la manière d'agir eſt inconnue. Sans doute on ne conçoit pas comment la force émanée du Soleil peut ſe tranſmettre à des diſtances énormes, y ſaiſir de grandes maſſes, ſans aucun levier qui lui donne cette étendue, ſans aucun véhicule pour tranſporter ſon action. Cette force, qui agit avec tant d'efficacité ſur les objets matériels, ſemble s'élancer, comme la penſée, dans l'étendue où cette force peut agir. La diſtance ne lui fait rien; partie du Soleil, elle arrive à la Terre ou à Saturne, ſans qu'il paroiſſe lui en coûter ni plus d'effort, ni plus de tems. Cette difficulté eſt la plus grande de la théorie de Newton; car dans le monde que nous connoiſſons le mieux, ſur la terre où nous vivons, où nous obſervons, tout eſt ſucceſſion ou tranſmiſſion. Lorſqu'un effet ſe propage, nous voyons des agens intermédiaires & continus qui le communiquent; cette communication s'opere dans un tems plus ou moins long. M. de la Place a propoſé deux queſtions neuves & intéreſſantes. La première eſt de ſavoir ſi l'action de la gravité eſt inſtantanée, malgré la diſtance. M. de la Place, pour y répondre, remarque que tout ce qui ſe tranſmet à travers l'eſpace, nous paroît répondre ſucceſſivement à ſes différens points. Dans notre

manière de concevoir un effet, l'idée du tems est inséparablement liée à celle de l'espace; la notion de la vîtesse naît de leurs rapports. Une vîtesse plus grande suppose un tems plus court; & si, par la puissance de l'imagination, nous essayons de nous représenter une vîtesse infinie, il nous reste toujours l'idée d'un tems infiniment petit : le tems ne peut être anéanti dans notre pensée. Peut-être cette conception n'est-elle en effet que l'habitude de nos observations : s'il existe dans la nature une action instantanée, elle est nulle pour nous, puisqu'elle ne peut être comparée ; tout fait unique sera toujours inconcevable. Il est donc très-possible que ne pouvant analyser la matière, voir ses élémens à nud, saisir le méchanisme de leur action mutuelle, nous ne concevions pas comment la force de la gravité agit instantanément aux plus grandes distances. Mais cette difficulté de concevoir un fait, n'est pas une raison de croire à son existence ; &, comme l'observe très-bien M. de la Place, quand même tous les phénomènes nous donneroient lieu de penser que l'action de cette force est instantanée, il ne faudroit pas en conclure qu'elle l'est réellement; car dans une progression rapide, il y a loin d'une durée insensible à une durée absolument nulle. Quoi qu'il en soit, les circonstances rendent cette considération superflue; quel que puisse être le tems que l'attraction emploie pour atteindre aux confins de sa sphère, il n'en résulte aucun changement dans l'ordre des phénomènes; toute la différence est dans le premier instant. Il a fallu un tems pour que l'effort, &, pour ainsi-dire, la force fût transmise au corps qu'elle doit faire mouvoir; mais une fois arrivée, les efforts se succedent immédiatement, & le corps se meut, comme si l'action étoit réellement instantanée.

M. de la Place fait une seconde question, qui dérive natu-

rellement de la première ; il demande si l'attraction agit de la même manière sur les corps en repos & sur les corps en mouvement. En supposant un tems nécessaire pour la transmission de la gravité, on conçoit qu'un corps en repos l'attend, il ne peut échapper à son action : mais un corps en mouvement peut la fuir ; quelque petit que soit le tems de la transmission, la vîtesse du corps peut être si grande qu'il puisse s'y soustraire, du moins en partie. Il en résulte une modification dans le mouvement. M. de la Place, ayant appliqué le calcul à cette théorie nouvelle, a supposé à l'action de la gravité une vîtesse indéterminée ; il a trouvé en conséquence une accélération dans le moyen mouvement des planetes. C'est aux observations, qui peuvent faire connoître quelques-unes de ces accélérations, à déterminer la vîtesse nécessaire pour les représenter. L'équation séculaire de la lune, établie d'un degré en deux mille ans par M. Mayer, fournit un moyen. M. de la Place a choisi la vîtesse de la lumière pour terme de comparaison, & il a vu qu'il falloit supposer à la propagation de la gravité une vîtesse huit millions de fois plus grande. Telle seroit donc la puissance des moyens de la nature, pour transporter dans ses vastes domaines les effets des causes ! Avec quelle variété & quelle étonnante différence, elle a donné aux différens êtres la faculté de se mouvoir ! L'homme, dans une marche modérée & suivie, parcourt à peu-près quatre pieds par seconde. Les particules de l'air, qui transmettent le son, le portent dans le même tems, à une distance de cent soixante-quinze toises ; & cette transmission est deux cent soixante fois plus prompte que la marche de l'homme. La lumière qui nous est envoyée des astres, en franchit la distance, & arrive avec une vîtesse six cent mille fois plus grande que celle du son. Enfin la gravité, qui gouverne l'univers, & qui, comme le despotisme, a besoin

besoin d'une activité proportionnée à son empire, se transporte ou se communique avec une rapidité huit millions de fois plus grande que celle de la lumière!

Cette vîtesse est bien près d'être instantanée; mais enfin elle ne l'est pas. Le petit tems qu'elle suppose a des effets sensibles, puisqu'il en résulte, dans l'intervalle de deux mille ans, une équation séculaire d'un degré pour la Lune, une de 10 ou 12′ pour le Soleil, une de 38′ pour Vénus, & une de 5° ½ pour Mercure; les équations séculaires des trois autres planetes sont insensibles (*a*). Cette cause nouvelle d'accélération, proposée par M. de la Place, sans être ni démontrée, ni encore établie, est assez vraisemblable pour n'être pas rejetée: elle appartient à une très-bonne physique; elle est conforme à la marche de la nature. Toute action a besoin d'un tems, tout transport, tout mouvement s'accomplit dans une durée. On a cru long-tems que la lumière étoit instantanée; il a fallu que les satellites de Jupiter aient été découverts, que leurs éclipses fussent observées, pour nous apprendre que la lumière emploie 8′ ½ à venir du Soleil jusqu'à nous. Cette vîtesse a paru prodigieuse, celle de la gravité le seroit davantage: mais la nature approfondie nous étonne toujours; & en fait des prodiges, les grands ne sont pas plus difficiles à concevoir que les autres.

Voilà donc deux causes pour l'accélération du mouvement des planetes, la résistance de l'éther, & la propagation successive de la gravité. Une accélération, telle que celle de la lune, offre peut-être les effets mêlés des deux causes combinées. Quand on ne connoît & qu'on ne considere que ce phénomène unique, il n'y a pas de moyen de les séparer. La raison peut admettre les deux causes; mais elle n'en peut

---

(*a*) Mém. des Sav. étrang. 1773, p. 173.

apprécier l'intenſité que par les phénomènes mêmes. Le problême renferme deux quantités indéterminées, la vîteſſe de la gravité & la denſité de l'éther qui produit ſa réſiſtance. On ne peut être bien éclairci ſur ce point, que lorſqu'on connoîtra les accélérations de trois planetes. Les deux premières ſerviront à fixer la valeur des deux quantités indéterminées : & ſi avec ces quantités ainſi connues, le calcul repréſente aſſez bien la troiſieme accélération, on ſera sûr d'avoir trouvé la vérité. Les cauſes ſeront juſtifiées, leur intenſité meſurée ; & l'eſprit humain pourra s'applaudir d'avoir ſu peſer l'éther, & d'avoir ſuivi la progreſſion rapide de la gravité, dans ſa grande communication du centre aux extrémités du monde. Mais nous ſommes encore bien peu avancés à cet égard : l'accélération de la lune eſt la ſeule qui ſoit bien conſtatée ; celle du ſoleil, fondée ſur des conjectures, offre beaucoup de difficultés, & d'autant plus qu'elle ne s'accorde point avec les réſultats des deux cauſes que nous venons d'indiquer. Toutes les deux enſemble ne donneroient pas une accélération de plus de 12′, tandis que nous l'avons ſuppoſée de 39. Cette accélération ne doit cependant pas être abſolument rejetée ; il reſte encore dans le ſyſtême du monde des cauſes qui ont pu la produire. Les cometes, qui deſcendent continuellement dans la région des planetes, peuvent, en les approchant, altérer leur mouvement. Cette altération n'eſt point de nature à croître avec le tems, elle eſt une fois imprimée ; c'eſt l'effet du paſſage de la comete, la comete éloignée n'agit plus, & le mouvement de la planete ſe perpétue avec ſon altération. L'Académie des Sciences de Paris avoit demandé en 1760 ſi le mouvement moyen des planetes conſerve toujours la même vîteſſe, ou ſi par la ſucceſſion des tems, il ne ſubit pas quelque changement. M. Charles Euler, fils du célebre Léonard Euler, qui

remporta ce prix, a tourné particuliérement ſes recherches ſur les dérangemens, qui pourroient être produits par les cometes. Il a trouvé que celle de 1759 avoit pu agir ſur la terre, changer l'axe de notre orbe, & alonger la durée de l'année. On ne peut dire de combien, parce que la maſſe de la comete, néceſſaire pour évaluer ſa force, eſt inconnue. Si cette maſſe étoit égale à celle de la terre même, l'année auroit été alongée de 27′; & ſi cette maſſe eût été vingt-ſept fois plus petite, l'altération dans la longueur de l'année auroit été encore très-remarquable. Nous pouvons conclure deux choſes de ces recherches de M. Charles Euler: la première, que les cometes en général n'ont que de petites maſſes, & qu'elles peuvent paſſer près de nous, ſans nous cauſer beaucoup d'inquiétude; la ſeconde, que comme dans le nombre de ces cometes il doit y en avoir de plus maſſives les unes que les autres, que d'ailleurs leur force eſt proportionnée à leur proximité, il peut être arrivé que jadis une comete ait paſſé aſſez près de la terre pour avoir eu ſur elle une action ſenſible, & avoir accourci l'année peut-être de deux minutes. Cette altération, jointe aux deux cauſes conſtantes d'accélération, auroit ſuffi pour produire les 2′ 51″ de différence que nous trouvons entre l'année déduite de la période de 600 ans, & l'année que nous obſervons aujourd'hui. La ſuppoſition de l'action d'une comete paroîtra même néceſſaire, ſi l'on conſidere que ces deux années ſont également bien établies, & que ni l'une ni l'autre ne comportent une erreur de trois minutes.

Mais dans toutes les altérations des mouvemens des planetes, les mieux conſtatées & les plus difficiles à expliquer ſont celles de Jupiter & de Saturne. Les deux cauſes ci-devant indiquées ne peuvent s'y appliquer; la réſiſtance de l'éther, la propagation de la gravité ne fourniſſent pour Jupiter & pour

Saturne aucune équation ſenſible. D'ailleurs ces équations ſéculaires n'indiqueroient jamais qu'une accélération; elles ſeroient donc inſuffiſantes & même contraires aux phénomènes de Saturne, dont le mouvement eſt retardé. D'un autre côté, l'action mutuelle de ces deux planetes l'une ſur l'autre, ſuivant M. de la Place, par la voie de l'approximation, & ſuivant M. de la Grange, par une démonſtration rigoureuſe, ne peut avoir aucun effet conſtant ſur le moyen mouvement. Voilà donc des effets qui reſtent ſans cauſe connue; l'obſervation les indique, la théorie ſemble ſe refuſer à les expliquer. Il ne paroît pas poſſible de douter des phénomènes mêmes: ils ſont appuyés, à la vérité, ſur les obſervations anciennes, ſuſceptibles de grandes erreurs; mais ces erreurs n'étoient point de ſept à huit degrés, comme il faudroit le ſuppoſer, pour anéantir l'équation ſéculaire de Saturne; ces phénomènes ont été remarqués & confirmés depuis près de deux ſiecles, par un grand nombre d'Aſtronômes, Kepler, Horroxe, Flamſteed, Maraldi, Halley, Caſſini, le Monnier, Wargentin, la Lande, &c. On ne peut d'ailleurs refuſer de croire à la Géométrie, lorſqu'elle démontre, lorſqu'elle affirme que l'action de Jupiter & de Saturne ne peut altérer leur moyen mouvement. Il ſemble alors que ces dérangemens ne puiſſent être attribués qu'aux cometes: il faut qu'il en ſoit venu une pour accélérer Jupiter, & une autre pour retarder Saturne; la choſe eſt poſſible ſans doute. Cependant quand il faut appeler ainſi des aſtres pour opérer l'effet qu'on demande; quand on ne peut dire à quel aſtre il eſt dû, en quel tems & par quelle force il a été produit; quand on ne peut montrer la relation de l'effet à la cauſe, cette manière de reſoudre les difficultés reſſemble toujours au *Deus ex machinâ*, au dénouëment des anciens tragiques. D'ailleurs il faut ici deux événemens, & placés tous deux dans des circonſ-

tances convenables pour produire des effets contraires. Nous obſerverons encore que ces altérations paroiſſent telles qu'elles vroient être, ſi elles étoient dues à l'action mutuelle des deux planetes.

Nous voyons que dans preſque toutes les poſitions de Jupiter & de Saturne, ces deux planetes doivent avoir des effets oppoſés ; lorſque Saturne précede Jupiter, le mouvement du premier eſt retardé par le ſecond, le mouvement du ſecond eſt accéléré par le premier. Le contraire arrive lorſque c'eſt Jupiter qui devance Saturne ; mais les effets réciproques ſont toujours oppoſés. Lorſque les deux planetes ſont en conjonction, Saturne aggrandit l'orbite de Jupiter, en l'éloignant du Soleil, Jupiter reſſerre celle de Saturne, en le rapprochant de cet aſtre ; il n'y a que le cas de l'oppoſition, où les effets réciproques des deux planetes concourent à diminuer la grandeur de leurs orbites. Enfin, en général, on voit que ſi dans une moitié de l'orbite & du tems de la révolution, une des planetes eſt accélérée ou retardée, elle eſt retardée ou accélérée dans l'autre moitié. Si ces deux moitiés étoient égales, ou du moins ſi le tems employé à les décrire étoit le même, il n'y a pas de doute que les effets ne fuſſent détruits ; mais la poſition des orbites, la ſituation réciproque des aphélies empêchent cette égalité. On ſait que dans une ellipſe, décrite en vertu d'une tendance inverſement proportionnelle au carré des diſtances, la moitié de cette ellipſe, priſe d'une moyenne diſtance à l'autre & comprenant le point de l'aphélie dans ſon milieu, ſera parcourue dans un tems ſenſiblement plus long que l'autre moitié, qui a le point du périhélie dans ſon milieu. Cela poſé, ſi la ſituation des orbites eſt telle que Jupiter ſoit accéléré, & Saturne retardé dans cette premiere moitié, pendant un tems plus long, tandis que Jupiter eſt retardé & Saturne accéléré

dans l'autre moitié pendant un tems plus court, les effets ne seront plus complettement détruits; l'action, qui aura été appliquée pendant un plus long tems, aura l'avantage; & après chaque révolution complette, il restera, toute déduction faite, des effets détruits, une accélération pour Jupiter, & un ralentissement pour Saturne. Voilà ce qu'a dit Jacques Cassini (a) en 1746 : il a fait voir que les orbites & leurs aphélies étoient placées de manière à produire cet effet; il a même estimé, dans une infinité de positions différentes, la force de Jupiter sur Saturne, tant pour l'accélérer que pour le retarder, & il a trouvé que les sommes de ces forces étoient entr'elles comme 3519 à 3536; d'où il semble résulter évidemment un ralentissement pour Saturne. Jacques Cassini a montré que, comme cet effet tenoit à la position de l'aphélie & de la ligne des absides, il s'anéantiroit & deviendroit même contraire après une demi-révolution de cette ligne; révolution infiniment longue, puisque les aphélies avancent si lentement dans le ciel. M. Euler en 1752, dans sa piece qui a remporté le prix de l'Académie des Sciences de Paris, trouve, comme Jacques Cassini, par une première approximation, un ralentissement dans le mouvement de Saturne, une accélération dans celui de Jupiter, qui tous deux dépendent de la position des aphélies. Ces effets ont la même période que la révolution de ces points; & lorsque les positions des aphélies seront contraires, les effets le seront aussi. Le ralentissement deviendra une accélération, & l'accélération un ralentissement; les résultats de la théorie étoient alors assez conformes aux phénomènes observés. M. de la Grange, venu après M. Euler, a d'abord trouvé des résultats semblables. M. de la Place, en poussant plus loin

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. 1746, p. 565.

l'approximation, a détruit ces résultats ; & la théorie n'indique plus aucune altération constante. M. de la Grange même a démontré depuis qu'il ne peut en exister aucune dans la solution du problême Nous n'avons rien à opposer au témoignage de sa démonstration. Mais il faut distinguer deux especes d'équations séculaires. Les unes croissent à l'infini ; elles dépendent d'une cause invariable & toujours subsistante, qui sans cesse accumule les effets. Telle est l'altération qui peut naître de la résistance de l'éther, ou du tems employé à la propagation de la gravité. Les autres ne sont pas des équations séculaires, mais elles peuvent se présenter sous la même apparence. Toute équation, ou toute inégalité, qui affecte le mouvement des planetes, a une période pendant laquelle elle croît, décroît, s'anéantit & se renouvelle. Les périodes de ces différentes inégalités sont plus ou moins longues : il en est qui surpassent de beaucoup le tems de la révolution de la planete ; telles sont celles qui dépendent du mouvement de l'aphélie. Il est donc possible que dans les dérangemens qu'une action étrangère imprime à un corps mû autour d'un centre, il y en ait qui ne s'accomplissent qu'après un grand nombre de siecles ; destinés à croître pendant un long tems, ces dérangemens se manifesteront pendant un certain nombre de siecles, comme une inégalité constamment croissante, comme une véritable équation séculaire. Car les observations, sur-tout les anciennes, ne sont ni assez suivies, ni assez précises, ni peut-être même assez anciennes, pour laisser appercevoir les degrés d'accroissement & de diminution, qui rendent ces inégalités variables. Nous n'avons pas encore eu assez de tems pour que l'observation nous éclaire à cet égard ; c'est à la Géométrie à chercher si l'action mutuelle de Jupiter & de Saturne l'un sur l'autre ne peut pas produire des équations de cette forme. Le mouve-

ment de leurs aphélies eſt infiniment lent; quelques-unes des équations, qui peuvent naître de ce mouvement, doivent avoir des périodes infiniment longues. Les réflexions ingénieuſes de Jacques Caſſini conduiſent à cette idée: la ſolution approchée du problême des trois corps la favoriſe par ſes réſultats; cette ſolution fournit des équations de ce genre, que la démonſtration rigoureuſe de M. de la Grange n'exclut pas. Nous ſentons que, comme cette eſpece d'équation eſt donnée par des méthodes d'approximation, on y retrouve toute leur incertitude. Le mouvement de l'aphélie, encore mal connu, peut ne donner que des coefficiens incertains: d'ailleurs, en deſcendant à ces petits détails, on approche ſans doute de la limite des méthodes; c'eſt-à-dire, du terme où elles peuvent égarer. Quand la théorie, avec les moyens actuels, ne fourniroit aucune de ces équations pour Jupiter & pour Saturne, ſans doute on ne ſeroit pas en droit de conclure qu'elles n'exiſtent point. Nous attendrons de l'avenir ce que le préſent nous refuſe; mais ſi la théorie pouvoit donner aujourd'hui ces équations, ce ſeroit un grand pas vers la connoiſſance des cauſes & vers la perfection de la ſcience.

De cette queſtion de l'altération des moyens mouvemens, on peut paſſer à une autre qui concerne la forme des orbites. Cette forme eſt-elle conſtante, c'eſt-à-dire, l'ellipſe que décrit une planete autour du ſoleil, demeure-t-elle la même, & ne peut-elle ſe reſſerrer pour s'alonger comme l'orbe des cometes, ou s'élargir & s'arrondir davantage, pour s'approcher de la forme circulaire? Ces changemens dépendent de l'excentricité; car lorſque l'excentricité s'anéantit, l'ellipſe devient un cercle. En réfléchiſſant ſur le mouvement d'un corps, qui décrit une ellipſe autour d'un autre, la première cauſe qui ſe préſente pour en altérer la forme, c'eſt la réſiſtance de l'éther; mais comme

comme cette réſiſtance eſt très-petite, les changemens de l'excentricité ſont inſenſibles (*a*). Il n'en eſt pas de même de l'action mutuelle des planetes. Toutes les ſolutions du problême des trois corps enſeignent que, ſi une action étrangère vient troubler le mouvement d'un corps autour d'un autre, ce mouvement reçoit pluſieurs altérations, le tems de ſa révolution n'eſt plus le même, l'excentricité eſt changée. Dans la théorie de la lune, par exemple, la révolution de cette planete, qui auroit lieu, ſi le ſoleil ne troubloit pas ſes mouvemens, ſeroit plus courte d'environ ſix heures, & l'équation du centre plus petite d'environ un degré & demi (*b*). On en peut conclure que toute perturbation a des effets ſemblables ; & comme tous les corps du ſyſtême ſolaire s'attirent & ſe dérangent mutuellement, il s'enſuit que les tems des révolutions & les excentricités que nous obſervons aujourd'hui, ne ſont point ceux qui exiſteroient, ſi chaque corps ſe mouvoit à part, tranquillement, ſans altération étrangère dans ſon orbite régulière, tracée autour du ſoleil. Mais ce changement, arrivé une fois & non répété, ne nous intéreſſe pas ; nous n'avons pas beſoin de ſavoir ce qu'auroit été l'univers dans un autre ordre de choſes : le paſſé n'eſt rien pour nous, l'avenir ſeul renferme nos craintes & nos eſpérances ; nous demandons les changemens dont nous ou nos deſcendans ſerons les témoins. M. de la Grange a examiné les altérations de l'excentricité de Jupiter & de Saturne ; & il a trouvé que l'excentricité de Saturne diminuoit de 1′ 47″ par ſiecle, tandis que celle de Jupiter augmente d'environ 1′ (*c*). M. de la Place, en traitant la même matière, a trouvé que l'excentricité de Jupiter pouvoit

(*a*) *Voyez* la piece du prix de 1760, par M. l'abbé Boſſut ; & celle de M. Albert Euler, p. 37.

(*b*) M. Clairaut, Journal des Sav. Déc. Tome II, p. 12.

(*c*) Mém. de Turin, Tome III, p. 378.

varier dans la proportion de 24 à 62, & celle de Saturne dans la proportion de 11 à 83, dans une période de trente-quatre mille sept cent vingt-trois ans (*a*). Ces variations déterminées de l'excentricité nous font revenir encore sur la permanence des révolutions; & s'il nous est permis d'élever un doute, nous remarquerons d'abord que l'action d'une planete, lorsqu'elle commence à agir sur une autre, pour troubler son mouvement autour du soleil, est en tout semblable à l'action qu'elle aura sans cesse dans la suite des siecles; il ne peut y avoir de différence que dans l'accumulation des effets. Or si l'action, appliquée une première fois, a pu altérer la forme de l'orbite & changer la durée de la révolution, nous demandons pourquoi cette action répétée n'auroit pas toujours des effets semblables? Pourquoi l'excentricité & le tems de la révolution ne seroient pas de plus en plus altérés? Et nous le demanderons d'autant plus que, voyant la même théorie donner des changemens périodiques, mais successifs & long-tems continués dans l'excentricité, nous y reconnoissons cette relation nécessaire entre l'effet & la cause, & une constance de changemens, qui suit la constance d'une action toujours semblable à elle-même. Mais pourquoi cette continuité d'effets semblables n'auroit-elle lieu que pour l'excentricité? Pourquoi l'action, qui altéra une première fois le tems des révolutions & la forme des orbites, altère-t-elle encore cette forme, sans influer davantage sur les révolutions? C'est ce qui ne paroît pas conforme à la métaphysique des sciences. Nous soumettons ces difficultés aux Géometres qui en peuvent décider, & nous suivons notre objet. M. de la Place a trouvé que l'excentricité du soleil augmentoit, & de manière que l'équation du centre, qui en résulte, croissoit d'environ 13″ par siecle (*b*). Les obser-

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1772, 2ᵉ Part. p. 368.

(*b*) Mémoires des Savans étrang. 1773, p. 225.

vations ne ſont pas contraires à ces indications de la théorie. L'équation du centre du ſoleil ne laiſſe appercevoir, à la vérité, aucune diminution, lorſqu'on compare celle que nous obſervons aujourd'hui à celle qui réſulte des obſervations de Waltherus; mais une variation de 32″, relative à un intervalle de 250 ans, ſeroit ſans doute peu ſenſible par ces obſervations. Cependant nous ne devons pas diſſimuler que les anciennes déterminations donnent toutes une équation du centre du ſoleil plus grande, au lieu de la donner plus petite; celle de Ptolémée eſt de 2° 23′; celle des Siamois de 2° 12′; celle des Indiens à peu près la même; enfin celle des anciens Perſans eſt de 2° 0′ 30″: & il faut obſerver que cette dernière, trouvée dans les Tables perſannes, en accompagne d'autres fort exactes, telle que celle de l'année ſolaire, qui eſt fixée à 365ʲ 5ʰ 49′ 3″½. Si on pouvoit ſe fier entiérement à ces anciennes déterminations, on croiroit que cette équation diminue au lieu d'augmenter; mais les réſultats préſentés ſeuls, & dénués des obſervations qui les ont fondés, nous laiſſent toujours dans un doute légitime. Les autres équations du centre qu'on a pu examiner, ſont celles de Saturne & de Jupiter; on ſoupçonne une diminution dans celle de Saturne (*a*), qui confirmeroit les théories de MM. Euler & de la Grange (*b*). M. Wargentin a ſuppoſé la variation de l'équation du centre de Jupiter de 2′ 15″, & nous de 1′ 47″ par ſiecle. Ces quantités ſont preſque doubles de celles qu'indiquent les théories de M. de la Grange & de M. de la Place, qui ne donnent guères qu'une minute; mais il faut avouer que les obſervations anciennes peuvent être aſſez ſuſpectes pour rendre douteuſes non ſeulement la quantité, mais l'exiſtence de la

(*a*) M. de la Lande, Aſtron. Tome II, p. 60.

(*b*) Mém. de Turin, Tome III, p. 378. Piece du prix de 1748, & de 1752.

variation. Il n'y a donc rien de bien décidé ſur le changement de la forme des orbites. La théorie l'annonce, les phénomènes ne s'y oppoſent pas formellement : mais il faut ſe reſſouvenir que le changement ſeroit périodique & alternatif; en ſorte que l'excentricité, après avoir augmenté juſqu'à un certain terme, s'arrêteroit pour diminuer. C'eſt l'effet d'une action appliquée tantôt dans un ſens & tantôt dans un autre ; les réſultats ont lieu tour à tour, en plus & en moins, conformément à la balance qui exiſte dans toute la nature, où les forces oppoſées entretiennent le mouvement, en tendant toujours à l'équilibre. Cette altération n'eſt point du même ordre que celle qui peut naître de la réſiſtance de l'éther ; ſi cette dernière exiſte, c'eſt une cauſe toujours agiſſante, une cauſe deſtructive & réſervée à de grandes transformations dans l'immenſité des ſiecles.

Dans le nombre des phénomènes céleſtes, il en eſt qui reſteront peut-être toujours les objets de nos conjectures. Il eſt bien prouvé ſans doute que les cometes ont des révolutions & des retours périodiques; la partie de leur orbe qui nous avoiſine, la partie obſervable approche infiniment de la parabole & s'y confond, même dans les obſervations. Si l'obliquité de l'impulſion primitive, ayant lancé les cometes dans une direction peu différente de celle de la force centrale, leur a permis un grand éloignement, & cet alongement dans leur route, qui les caractériſe; ces caractères peuvent appartenir à certaines hyperboles, comme aux ellipſes fort alongées. Pourquoi donc toutes les cometes décriroient-elles de longues ellipſes, tandis qu'il n'y en auroit point qui décriviſſent des hyperboles ? Ce qui détermine la courbe, ou la route que le corps doit parcourir, c'eſt le degré de ſa vîteſſe au moment où il eſt lancé. On ſent qu'il peut y avoir un nombre infini de degrés de vîteſſe. Pourquoi les corps n'auroient-ils reçu que ceux qui font décrire des ellipſes?

M. du Séjour obſerve qu'il y a un grand nombre de degrés de vîteſſe, qui donnent des hyperboles ſenſibles, & de nature à être diſtinguées par les obſervations, tandis qu'il n'y en a qu'un petit nombre qui produiſe des ellipſes aſſez alongées pour que leurs extrémités ſe confondent avec des paraboles (*a*). Quelle ſeroit la raiſon de ce choix ? Sans doute nous l'ignorerions long-tems ; mais avant de chercher la cauſe d'un fait, il faut être sûr que le fait exiſte. L'hyperbole n'eſt point une courbe fermée, comme le cercle & l'ellipſe, où un corps peut faire des révolutions & revenir ſur ſes pas. En partant de ſon origine, elle a deux branches qui ſe prolongent à l'infini & s'écartent toujours, ſans pouvoir ſe rejoindre : un corps qui en ſuit une, ne peut jamais paſſer dans l'autre ; tout retour, toute révolution lui eſt donc impoſſible. Il y a peut-être eu autant, & plus, de cometes qui ont décrit des hyperboles, qu'il n'y en a qui maintenant décrivent des ellipſes. Mais celles-ci ſont de notre ſyſtême : elles nous appartiennent ; elles portent la même chaîne que nous. L'extenſion poſſible de cette chaîne leur permet de s'éloigner ; mais les oblige à revenir. La nature avoit deſtiné les autres à ſe ſéparer de nous : au moment où elles ont commencé à ſe mouvoir, elles ont commencé à s'éloigner ; elles ont quitté notre ſyſtême pour traverſer les eſpaces céleſtes, atteindre un autre ſyſtême, s'approcher d'un nouveau ſoleil & là, peut-être à raiſon de la proximité, recevoir de lui le joug que le nôtre n'a pu leur impoſer. En conſéquence de cette conjecture, le tems & le haſard peuvent nous amener quelque jour des cometes échappées à un ſyſtême étranger. Ainſi l'empire des ſoleils auroit ſes rebelles & ſes transfuges. Il ne faut donc pas s'étonner de n'appercevoir que des cometes périodiques ; ſi

(*a*) Eſſai ſur les cometes, p. 337.

toutes celles que nous obſervons ont des routes elliptiques ou paraboliques, les autres ont diſparu & n'exiſtent plus pour nous.

La trainée lumineuſe, qui accompagne quelquefois les cometes, cette queue ſouvent ſi étendue, & jadis ſi effrayante, quoique viſible & meſurable, eſt encore un phénomène dont la vraie cauſe ſera peut-être toujours inconnue, quand ce ne ſeroit que par la difficulté du choix, entre des explications également vraiſemblables. Newton a penſé que ces aſtres, paſſant d'un éloignement conſidérable à une grande proximité du ſoleil, étoient exceſſivement échauffés; & que les vapeurs volatiliſées s'évaporoient ſous la forme d'une fumée blanchâtre, & ſe rangeoient en colonnes du côté oppoſé. M. de Mairan a imaginé que les cometes, traverſant l'atmoſphère ſolaire, ſe chargeoient des parties lumineuſes qui le compoſent, & les traînoient à leur ſuite. M. Oliver a un ſyſtême différent; il poſe pour principe, que la gravitation n'exiſte que dans les grandes maſſes & dans les portions ſenſibles de la matière. Lorſque la diviſion eſt telle, que les parties ſont infiniment petites, l'attraction ceſſe & la répulſion commence. Cette répulſion ſemble être prouvée par la dilatation exceſſive de l'air; dans ſes états extrêmes, il peut remplir des eſpaces cubiques, qui ſont entr'eux comme 1 à 826140. Les intervalles des particules ſont alors entr'eux comme 1 à 94; elles ne peuvent s'être ainſi écartées que par une force contraire à l'attraction, par une force centrifuge, ou par une véritable répulſion. M. Oliver eſt ici d'accord avec M. de Buffon, qui attribue l'expanſion du feu & de la lumière à la ténuité de leurs parties, qui font qu'elles ſe repouſſent, au lieu de s'attirer. M. Oliver ſuppoſe que tous les corps ont des atmoſphères compoſées de parties très-ſubtiles & très-legeres, qui rendent ces atmoſphères capables de ſe repouſſer lorſqu'elles

ſe rencontrent. Les cometes en ont, le ſoleil en a auſſi lui-même. Une comete, en approchant de cet aſtre, en avançant toujours vers le point d'où part la force répulſive, préſente ſon atmoſphère & à cette chaleur qui la dilate, & à la force répulſive qui en rejette continuellement les parties derrière la comete, du côté où elles ſont plus libres de s'étendre. Les phénomènes de l'électricité appuient cette théorie. Le fluide électrique ſe condenſe autour des corps électriſés, & les environne en forme d'atmoſphère; & lorſque les corps ſont aſſez voiſins, les atmoſphères ſe repouſſent mutuellement. Ces corps, que nous avons ſous les yeux & dans les mains, ſont donc un ſyſtême planétaire en petit; & il ſemble qu'il n'y ait rien à répondre à l'application que l'auteur fait des expériences de M. Franklin. Lui-même en a imaginé une qui eſt très-intéreſſante. Il a pris une petite balle dorée de quatre pouces de diametre, qu'il a attachée à la verge d'une bouteille électrique, puis une autre balle de liége, qu'il a fait traverſer en tous ſens par de longs fils. Cette ſeconde boule étoit ſuſpendue, de manière qu'elle repoſoit ſur la première. Lorſqu'on a fait l'électricité, la répulſion a commencé à agir: tous les fils mobiles ſe ſont dirigés à l'oppoſite de la boule fixe; & en faiſant tomber légérement le vent d'un ſoufflet ſur la boule ſuſpendue, on lui a fait prendre un mouvement de rotation, ou de tranſlation autour de la boule immobile. On a vu cette comete artificielle achever pluſieurs révolutions, tandis que les fils, toujours pliés en forme de queue par la force de la répulſion, ſe dirigeoient toujours à l'oppoſite de la boule, qui dans ſon repos repréſentoit le ſoleil. M. Oliver paſſe enſuite à d'autres conjectures, à celle qui roule ſur la poſſibilité que les cometes ſoient habitées; il fait voir que la chaleur dépend, en grande partie, de la denſité de l'air. Dans les plaines du Pérou la chaleur eſt très-forte, tandis que ſur les

Cordilières, à une petite distance de la surface de la terre, le froid est excessif. Les habitans des cometes, si elles en ont, peuvent donc ne pas éprouver un grand chaud, ni un grand froid; leur air, infiniment raréfié dans le périhélie, compense la force & l'abondance des rayons du soleil, & rend la chaleur supportable. Au contraire, dans leur aphélie, la petite quantité de la chaleur est multipliée dans une atmosphère plusieurs millions de fois plus dense; elle empêche le froid de devenir nuisible. Comme la comete s'avance à pas lents, ces changemens arrivent par degrés; il n'y a ni secousse, ni révolution, & la bonté de l'Être suprême maintient l'équilibre dans ces globes, que nous avons crus livrés aux plus cruelles alternatives.

M. Oliver ne s'est pas contenté d'examiner la température dont jouissent les habitans de ces astres; il a voulu calculer la lumière qui les éclaire. Il a trouvé que la comete de 1680, qui s'éloigne du soleil cent trente-huit fois plus que la terre, quand même son air ne seroit pas plus dense que le nôtre, jouiroit d'une lumière environ cinq fois plus forte que celle que nous recevons de la lune dans son plein. Mais comme l'atmosphère des cometes est beaucoup plus dense que la nôtre, elle peut réfléchir beaucoup plus de lumière; & cette quantité réfléchie se joint à la lumière directe, pour y former le jour. M. Oliver s'occupe aussi de la respiration des Habitans. Il y a en effet une grande différence de l'air respirable d'une comete périhélie à l'air d'une comete aphélie. M. Oliver remarque que le docteur Halley respiroit fort bien dans la mer sous une cloche, à la profondeur de dix brasses; la condensation de cet air surpassoit trois fois celle de l'air que nous respirons à la surface, & environ douze fois celle de l'air qu'on respire sur les hautes montagnes. Les poulmons s'accommodent de ces

différens

différens airs, & n'ont souvent que peu de tems pour se conformer à ces changemens : si les cometes en souffrent de plus grands, leur marche lente permet à leurs habitans de s'y faire insensiblement; & l'on sait combien l'Être suprême a rendu la nature flexible, pour la soustraire aux causes nuisibles dont elle est environnée. Tout cet ouvrage est infiniment ingénieux : le systême est très-vraisemblable; & peut-être l'application de la force répulsive & des phénomènes électriques aux phénomènes de la queue des cometes, mérite-t-elle un autre nom.

Il est une espece d'apparence céleste, dont nous n'avons point parlé dans le cours de cet ouvrage, ce sont les étoiles nébuleuses, ou plutôt simplement les nébuleuses. Il est encore très-douteux si rien de ce qui les concerne appartient à des étoiles; elles tirent ce nom de leur ressemblance avec les nuages blanchâtres, legers & transparens, que l'on voit dans les beaux jours, vers la partie la plus élevée de l'atmosphère. Tout le monde connoît la voie lactée, cette ceinture blanche & lumineuse qui enveloppe le ciel : ce n'est point une apparence continue; on y distingue des intervalles & sa largeur varie dans l'étendue de son cours. Les nébuleuses paroissent être de la même nature. Elles sont anciennement connues; Ptolémée en fait mention; Démocrite a dit, il y a plus de deux mille ans, que la voie lactée est composée d'une multitude d'étoiles, serrées les unes contre les autres, invisibles par leur petitesse, mais dont les rayons réunis & confondus forment cette apparence lumineuse. L'explication doit être la même pour les nébuleuses. Lorsque les lunettes furent découvertes, & que l'on put examiner plus attentivement le ciel, on vit en effet que plusieurs de ces nébuleuses étoient un amas d'étoiles; les étoiles étoient séparées, distinguées dans le télescope, & le nuage n'existoit plus. Mais lorsque ce même télescope fut

tourné vers les vraies nébuleuses & vers la voie lactée, il fut impossible d'y appercevoir aucune étoile; ou du moins si quelques étoiles sont semées dans leur étendue, elles sont trop rares pour être la cause de la lumière. Le télescope a fait découvrir une infinité de ces nébuleuses, le ciel en est parsemé: M. de la Caille en a compté quarante-quatre dans le ciel austral qu'il a décrit en entier (*a*); M. le Gentil en a découvert plusieurs (*b*), & M. Messier a dressé un Catalogue assez ample de celles qu'il a eu occasion de connoître dans l'hémisphère boréal (*c*).

Nous allons faire l'histoire de la nébuleuse d'Andromède, qui a été mieux examinée que toutes les autres. Elle fut découverte en 1612 par Simon Marius; *le 15 Décembre*, dit-il, *je vis, au moyen de la lunette, une étoile fort extraordinaire par sa figure, & telle que je n'ai rien trouvé de semblable dans tout le ciel. Elle est à la ceinture d'Andromede; elle paroît à la vue simple comme un petit nuage. Lorsqu'on la regarde avec la lunette, on n'y voit point de petites étoiles, comme dans la nébuleuse du Cancer & dans toutes les autres nébuleuses; mais on y apperçoit seulement quelques legers rayons de lumière blanchâtre, & d'autant plus clairs qu'on approche davantage du centre. Ce centre n'est lui-même marqué que par une foible clarté, sur un diametre de près d'un quart de degré. Elle m'a paru avoir tout-à-fait l'apparence de la flamme d'une chandelle, qu'on verroit dans la nuit à travers de la corne transparente* (*d*). M. le Gentil a examiné attentivement cette clarté du centre: *en regardant un peu fixement cette nébuleuse*, dit-il, *il y a des momens où on croit appercevoir dans son milieu une très-petite étoile, ou du moins une*

(*a*) Mém. Acad. des Scien. 1755, p. 194.

(*b*) Mémoires des Sav. étrang. Tome II, p. 137.

(*c*) Mém. Ac. des Sc. 1771, p. 435.

(*d*) *Voy.* la Préface de son ouvrage intitulé *Mundus jovialis*.

espece de noyau plus lumineux que le reste. On remarque à peu-près la même chose avec une lunette de deux pieds de longueur; mais lorsqu'on emploie une lunette de huit ou neuf pieds, la nébuleuse conserve partout la même densité & la même lumière. Les rayons qu'elle jette de tous côtés vont se perdre dans le ciel; & comme ils ne sont composés en apparence que de filets très-déliés & assez détachés les uns des autres, leur extrémité se confond aisément avec l'azur céleste. Cela suffit donc lorsqu'on la regarde à la vue simple, ou avec une petite lunette, pour la faire paroître plus claire & plus lumineuse vers son centre que vers ses bords (a). M. le Gentil en a découvert encore une autre dans la même constellation; elle est composée de deux rayons. D'autres, au lieu d'être distinguées en jets & en rayons, ne présentent qu'un petit espace d'une lumière égale & continue. On a cru remarquer des changemens de forme dans la nébuleuse d'Andromede; on va même jusqu'à soupçonner qu'elle peut avoir disparu pendant quelque tems, & être sujette aux mêmes altérations d'apparition & de disparition que quelques étoiles du ciel. Voici sur quoi on l'imagine: cette nébuleuse avoit été connue bien avant le tems de Simon Marius; cet Astronôme n'a fait que ce que bien d'autres ont fait dans les sciences, c'est de réinventer ce qui avoit été connu & oublié avant eux. La nébuleuse est marquée sur un catalogue d'étoiles, dressé dans le dixieme siecle, six cens ans avant Simon Marius (b); catalogue dont l'auteur est anonyme; il représente la nébuleuse sous une figure ovale. M. Cassini dit que sa figure est à peu-près triangulaire. En 1747 & 1749, M. le Gentil la vit circulaire: en 1757 & 1758, elle lui parut ovale, comme dans la figure de l'Astro-

(a) Mém. de l'Ac. des Sc. 1759, p. 462.

(b) *Ibid.* pag. 459.

nôme anonyme ; il lui trouva même beaucoup plus d'éclat (*a*); avec un téleſcope grégorien de ſix pieds, elle lui parut reſſembler à la gueule ouverte d'un animal (*b*). Ces apparences, ces figures tiennent peut-être aux inſtrumens qu'on emploie; nous croyons même qu'en faiſant uſage de téleſcopes d'une certaine force, cette lumière legère pourroit s'évanouir, & la nébuleuſe ne ſeroit plus ſenſible. La preuve en eſt ſimple : avec des lunetes depuis huit juſqu'à quinze pieds, on diſtingue trois petites étoiles qui ſont renfermées dans l'étendue de la nébuleuſe ; avec un téleſcope de ſix pieds, les petites étoiles paroiſſent à côté. Il eſt évident que la force du téleſcope a fait évanouir la lumière apparemment plus foible où ces étoiles étoient compriſes, & a diminué l'étendue de la nébuleuſe. Bouillaud penſe qu'elle peut être ſujette à diſparoître, parce qu'ayant été connue au dixieme ſiecle, elle n'a été ni vue auparavant par Hypparque & par Ptolémée, ni après par Tycho & par Baïer. Depuis 1612 il n'en a plus été queſtion, juſqu'en 1664, où Bouillaud la vit & la trouva plus lumineuſe qu'en 1666. M. le Gentil lui-même l'a vue plus claire dans un tems que dans un autre; mais ces différences peuvent tenir à un peu plus ou à un peu moins de tranſparence dans l'atmoſphère. Nous n'en ſavons pas encore aſſez pour prononcer ſur ces alternatives : c'eſt au tems à nous inſtruire ; nous revenons aux nébuleuſes en général.

On ne peut douter qu'elles ne ſoient en tout ſemblables à la voie lactée ; on diroit que ce ſont les débris épars de la matière dont la nature a compoſé cette traînée blanchâtre. Ces nébuleuſes n'ont pas plus de parallaxe que les étoiles, elles ſont donc à la même diſtance. Il en réſulte que ces eſpaces où l'on

---

(*a*) Mém. Acad. Scien. 1759, p. 64. (*b*) *Ibid.*, p. 466.

doit jouir d'un jour perpétuel, ces espaces si petits à notre vue, sont cependant plus grands que tout le systême solaire ; car si nous nous transportions dans une étoile pour considérer de loin les planetes, ces masses énormes qui roulent autour de nous, les espaces & les millions de lieues qu'elles parcourent, tout cela n'occuperoit, au plus, dans le ciel qu'une étendue de dix ou douze secondes, tandis que plusieurs de ces nébuleuses en occupent une cent fois plus grande. M. de Mairan voyant l'atmosphère immense du soleil se montrer quelquefois à l'horizon le soir & le matin, sous le nom de lumière zodiacale & sous l'apparence d'une traînée blanchâtre, fort ressemblante à la voie lactée & aux nébuleuses, a imaginé que les nébuleuses & la voie lactée étoient produites par les atmosphères des étoiles; cette idée ingénieuse est bien difficile à admettre. Pourquoi ne seroit-ce que dans la voie lactée, & dans un petit nombre d'espaces célestes qu'on rencontreroit ces étoiles revêtues d'atmosphères, & réunies en assez grand nombre, & assez serrées pour composer de ces atmosphères une zône entière du ciel, tandis que tout le reste, peuplé d'un nombre de belles étoiles & d'une multitude de petites, n'offre point le même phénomène? D'ailleurs si tant d'étoiles brillent d'une lumière si foible, comment concevoir que les atmosphères, qui ne sont lumineuses que par ces étoiles, puissent nous envoyer une lumière sensible ? La lumière zodiacale n'a pas plus d'intensité que la voie lactée ; mais elle est infiniment plus proche. On peut juger de ce qu'elle seroit à la distance des étoiles. L'explication de Démocrite présente aussi beaucoup de difficultés. Si l'on a trouvé des nébuleuses qui ne sont que des amas d'étoiles, si l'on en a vu d'autres, où quelques étoiles sont semées au milieu d'un nuage blanchâtre, les plus forts télescopes, dirigés vers ces nébuleuses, ou vers la voie lactée, ne multiplient point ces

découvertes, & n'augmentent point le nombre des étoiles visibles ; tout reste dans le même état. Derham a observé les nébuleuses avec un excellent télescope, & il pense qu'elles ne sont ni des étoiles, ni des corps qui répandent la lumière ou la réfléchissent; ce ne sont pas non plus des amas d'étoiles, ce sont des aires blanchâtres, semblables à des amas de vapeurs nébuleuses d'où elles tirent leur nom. Il dit avoir discerné visiblement que chacune de ces nébuleuses est à une distance immense au-delà des étoiles fixes; distance au moins égale à celle qui sépare les étoiles de nous. Mais l'optique ni l'Astronomie n'ont jusqu'ici fourni aucun moyen d'estimer ces distances, & par conséquent de les comparer entr'elles. Derham va plus loin; il imagine que ces espaces lumineux sont des vides ou des ouvertures, sans doute à la voûte céleste, par lesquels on apperçoit une région immense & lumineuse, placée au-delà des étoiles (*a*). Cette opinion appartient aux anciens philosophes Grecs: si les mêmes vérités renaissent, si les mêmes inventions sont renouvelées dans la suite des siecles, on voit que les erreurs reviennent comme elles; celle-ci tient sans doute à la difficulté de l'explication. Dira-t-on que la matière de ces apparences est celle de la lumière, qui, envoyée sans cesse de tous les soleils, réfléchie par toutes les planetes, est pompée par quelque agent inconnu, & accumulée dans ces espaces ? Mais cette explication seroit insuffisante & chimérique, tant qu'on ne seroit pas en état de déterminer l'agent qui auroit cette puissance. Il faut donc borner nos efforts & nos desirs, puisque la nature l'a voulu : il faut abandonner ce qui est trop loin de nous, porter nos regards sur ce qui nous entoure ; assez de faits suffiront à notre étude.

(*a*) Transactions philosophiques, n°. 428.

Les vérités que nous avons exposées, les conjectures par lesquelles on a quelquefois essayé de réunir celles de ces vérités qui semblent séparées, ou de trouver des causes à des apparences singulières, à des phénomènes isolés, forment un tableau de l'Univers; univers immense où une infinité de soleils ont chacun leur empire particulier, & dont notre grand systême solaire ne fait qu'une très-petite partie. Le soleil qui nous éclaire, qui régle tous les mouvemens des planetes, occupe le centre de notre systême, & nous l'avons supposé immobile; mais cette supposition est-elle légitime? Le soleil est-il dans un repos absolu? C'est ce qui nous paroît difficile à croire dans un monde dont le mouvement est la vie. Tout naît, tout meurt par le mouvement: chaque portion de la matière en est susceptible; il n'en est aucune, qui à chaque instant ne tende à se mouvoir, & si elle reste en repos, c'est que sa force est tenue en équilibre par une force contraire. Si l'Être suprême a ainsi répandu partout avec profusion dans la matière inanimée la faculté de se mouvoir, si les plus petites molécules en sont revêtues, pourquoi la grande masse du soleil en seroit-elle privée? Nous ne voyons point qu'elle ait de mouvement; est-ce une raison de croire que ce mouvement n'existe pas? Nous ne pouvons en juger que par le changement de relation avec les objets environnans; le soleil n'en a point, ou n'en a qu'à une distance infinie. Cette distance, que nos mesures n'atteignent pas, qui passe même nos conceptions, peut changer, & beaucoup, sans que nous nous en appercevions. L'infini, où notre esprit se confond & se perd, peut être augmenté ou diminué; il restera toujours infini, c'est-à-dire, quelque chose de trop vaste pour nous. Nous avons dit que l'éloignement des étoiles surpassoit deux cent six mille fois celui du soleil. Si cet astre s'étoit rapproché de ces étoiles, & nous en avoit rapprochés

nous-mêmes, de manière que leur éloignement fût réduit à deux cent mille fois la distance du soleil à la terre, ce changement ne seroit point sensible; la parallaxe annuelle de ces fixes ne seroit ni moins petite, ni plus observable: cependant le soleil se seroit avancé vers ces étoiles d'une quantité égale à six mille fois sa distance à la terre; ce qui vaut environ deux cent mille millions de lieues, & nous ne nous en appercevrions pas! La terre est le centre des mouvemens de la lune, elle est immobile à l'égard de cette petite planete; la terre, en décrivant sa propre orbite autour du soleil, emporte la lune avec elle. L'empire de la première, la dépendance de la seconde ont leur effet entier, comme si la terre étoit en repos. Imaginons une table horizontale, sur laquelle un corps décrive un cercle autour d'un point par un méchanisme quelconque; si on fait mouvoir la table, le mouvement du corps restera le même. Il n'est question que d'imaginer une table plus grande, où l'on puisse placer le soleil au milieu, les six planetes qui tournent autour de lui, & les dix satellites qui tournent autour d'elles; on conçoit que cette table, ainsi chargée, peut se mouvoir en emportant tout avec elle, & sans rien changer à aucun de ces mouvemens. On conçoit encore qu'un œil fixé à cette table, ne considérant qu'elle, ne voyant rien de changé en elle, ne s'apperçoit point de son mouvement. Il en est de même du soleil qui, s'il se meut, mene à sa suite les sujets qui dépendent de sa puissance & le cortége qui fait sa grandeur; & nous, qui, sommes une partie de ce cortége, qui habitons en dedans du systême, nous voyons que tout s'exécute & se renouvelle dans un ordre immuable autour du soleil. Nous ne nous éloignons, ni ne nous approchons des étoiles que nous voyons de si loin; nous n'avons aucun indice du changement, tout nous persuade l'immobilité absolue du soleil. Mais cette image du repos physique

physique peut être aussi trompeuse que l'image du repos moral : il ne suffit pas que le soleil paroisse immobile pour le juger réellement tel. Nous sommes même fondés à croire que cette immobilité n'est qu'apparente. Les plus fortes raisons d'analogie nous autorisent à croire que les étoiles sont des soleils. On leur a donné le nom d'étoiles fixes, parce qu'en général elles restent constamment dans le ciel à la même place. Cependant les découvertes modernes ont fait voir que cette regle souffre des exceptions : quelques belles étoiles ont changé de position dans le ciel : ces changemens sont legers, mais ils sont assez sensibles pour être décisifs. Plusieurs étoiles de l'Aigle, d'Orion, du Lion ont laissé appercevoir de petits mouvemens; mais sur-tout Arcturus & Sirius, qui se sont avancés & s'avancent encore vers le midi (*a*). Ces mouvemens n'appartiennent point à notre globe; ils seroient communs à la multitude des étoiles, & puisqu'ils sont différens pour chacune d'elles, ils sont réellement propres à ces étoiles.

Quelle que soit la lenteur de ces mouvemens, ils nous apprennent que le repos absolu n'existe nulle part dans l'univers, que ces astres semblables au soleil, que ces masses énormément volumineuses sont susceptibles d'être transportées dans l'espace comme les plus petites. Si l'on demande quelle est la nature de ce mouvement, quelle est la force qui le produit, nous ne pouvons leur assigner qu'une cause conjecturale. Nous voyons dans la nature deux especes de forces; l'une est la force d'impulsion que tous les corps ont reçue, l'autre est la force attractive qui semble résider dans la matière, & dont chaque molécule paroît être animée. C'est

(*a*) *Voy.* Halley, Transac. phil. 1718, n°. 355.
Jacques Cassini, Mém. Acad. des Scien. 1738, p. 345.
M. Bradley, Transf. phil. 1748, n°. 485.
M. le Monnier, Mém. Acad. des Sc. 1769, p. 14.
M. de Thury, *Ibid.* p. 1.

peut-être une de ces causes; ce sont peut-être les deux ensemble qui font mouvoir tous les soleils. L'impulsion primitive donnée aux planetes, peut avoir été étendue aux grands corps comme aux petits; la nature peut les avoir poussés tous dans l'espace, les uns pour gouverner, les autres pour obéir. Les mondes voyageroient, sans que nous puissions dire ni d'où ils viennent, ni où ils vont. Il est possible encore que ces énormes masses solaires aient une sphère d'activité prodigieusement étendue. Nous voyons que la puissance du soleil suit la comete de 1680, jusqu'à une distance de cinq mille sept cent millions de lieues, & que là cet astre est encore assez fort pour arrêter la course fugitive de la comete, & la faire revenir vers lui. Qui sait si les sphères des différens soleils ne peuvent pas s'atteindre, si leur puissance, capable de tant d'effets, ne s'exerce pas aussi sur eux-mêmes. Ces masses douées du pouvoir d'agir, ont également celui de résister; elles ne sont que peu déplacées, mais l'action la plus foible, avec une constance sans bornes & du tems, qui ne manque pas à la nature, peut changer la face de l'univers. Les soleils, par cette tendance mutuelle, seroient destinés à se réunir un jour en une seule masse. Ce seroit une de ces causes de destruction, que nous ne cherchons partout que parce que nous la sentons en nous-mêmes; nous sommes affligés de passer, de finir, lorsque le monde reste & persévere. Peut-être, & cette conjecture est plus satisfaisante, que l'impulsion & l'attraction contribuent également à ce mouvement. Pourquoi les soleils, dans de vastes circuits, avec des durées proportionnées à leur majesté imposante, n'auroient-ils pas une marche semblable à celle des planetes? Si, comme elles, ils ont reçu l'impulsion primordiale, s'ils sont capables de s'attirer mutuellement, si les amas d'étoiles, dont nous avons déjà parlé, forment des systêmes de soleils analogues aux systêmes des planetes, ces

ſoleils, ces ſyſtêmes peuvent ſe mouvoir par des loix éternelles, comme les planetes elles-mêmes : & la nature nous préſentera une ſuite de copies du même deſſein, également belles, mais diminuant de grandeur depuis le corps, quel qu'il ſoit, qui eſt le centre de tout, autour duquel roulent les ſyſtêmes de ſoleils; tandis que les petits tournent autour d'un plus grand, les planetes autour de ces petits ſoleils, les ſatellites autour de ces planetes; & enfin juſqu'au pendule, qui oſcillant ſur ſon point de ſuſpenſion, eſt dans nos obſervatoires l'image en petit des plus grands effets de la nature, & démontre à notre imagination étonnée comment un corps mu par une impulſion une foi donnée, & en même tems enchaîné à un centre par un lien quelconque, peut courber ſa marche & circuler autour du centre. Ce pendule ſe meut comme la terre, comme le ſoleil lui-même; & la loi générale de la nature s'accomplit ſous nos yeux, comme dans les eſpaces que nous atteignons à peine par la penſée.

La dernière conjecture qu'il ſeroit ſatisfaiſant de propoſer, ſeroit celle qui auroit pour objet l'attraction même, ſa cauſe, & le méchaniſme de ſes effets. On a inutilement tenté juſqu'ici de ramener ce méchaniſme à celui de l'impulſion; une infinité de ſyſtêmes ont été produits, qui ont été bientôt rejetés, à cauſe de leur inſuffiſance. La multitude des effets de l'attraction eſt innombrable; il faut que le même ſyſtême les explique tous. Deſcartes, Huyghens, Varignon, Mairan, l'abbé de Moliere ont adopté, corrigé l'hypothèſe des tourbillons; M. de Mairan ſeul les avoit abandonnés dans ſa vieilleſſe. Il étoit trop bon philoſophe pour reſter Cartéſien, lorſque les ſolutions du problême des trois corps, celles des problêmes de la préceſſion des équinoxes & des marées avoient ſuivi la gravitation dans les plus petits effets, & avoient montré ſon univerſalité, lorſque ſur-tout les cometes reconnues pour des aſtres durables,

ſe mouvant quelquefois dans un ſens contraire à ces tourbillons, avoient détruit leur influence imaginaire, comme jadis elles avoient briſé les cieux de verre des anciens. Les grands noms des partiſans de l'hypothèſe des tourbillons, leurs efforts inutiles démontrent la fauſſeté de cette hypothèſe. Les tourbillons doivent être à jamais oubliés. Les Géometres, les Aſtronômes & les Philoſophes ſe ſont preſque tous déterminés à regarder l'attraction comme une propriété eſſentielle à la matière; ils s'y ſont déterminés pour enchaîner leur imagination & pour repoſer leur penſée. Sans doute la nature agiſſante eſt ſous un voile éternel : mais les premiers effets ſortis de ſes mains ſont pour nous des cauſes primordiales; c'eſt-là que nous devons borner des efforts qui deviendroient inutiles. Nous nous ſommes perſuadés que l'attraction étoit un de ces effets primitifs, produits par la volonté de l'Être ſuprême & par la puiſſance de la nature, & deſtinés à nous repréſenter les cauſes primordiales. Si nous nous trompons, c'eſt ſans aucun danger; nous examinons des effets particuliers, nous les ramenons à un effet général : que nous importe que cet effet général ſoit en lui-même une cauſe ou un effet ? S'il dépend réellement d'une cauſe méchanique, nous ſommes prêts à admettre cette cauſe, quand on nous la préſentera revêtue de toutes ſes preuves. Nous avons, dans ce moment, ſous les yeux une *Phyſique du monde* de M. le Baron de Marivetz; l'auteur y donne l'impulſion pour la cauſe générale. Comme M. Daniel Bernoully, il ſuppoſe que cette impulſion naît de l'atmoſphère ſolaire & de ſa rotation; avec cette différence que l'illuſtre Géometre ne lui attribuoit que le mouvement de projection, au lieu que M. de Marivetz attribue à cette cauſe & à ſes modifications locales la tendance même vers le ſoleil. Tout, dans une pareille hypothèſe, dépend de l'accord des conſéquences du principe avec les phénomènes:

il ne nous reste pas assez de tems pour en apprécier les preuves; les savans les jugeront. Nous voyons seulement que l'auteur présente ses idées avec clarté & ses objections avec une politesse digne d'éloges. Nous savons que M. le Sage, citoyen de Geneve, & correspondant de l'Académie des Sciences de Paris, est occupé, peut-être depuis trente années, à la recherche de cette cause méchanique. Ce tems de trente années ne paroîtra point long, si l'on fait attention à la multitude des faits qu'il faut expliquer, à la difficulté d'imaginer une cause qui puisse tout embrasser; & cette constance n'étonnera point dans un esprit doué d'une grande profondeur, & capable d'un courage égal à l'importance de l'entreprise. Le seul moyen d'applanir les difficultés, de renverser les obstacles, est de les presser de toute la force de notre esprit, & d'employer contr'eux tout le tems que la nature nous donne. Un homme, qui atteint son objet avant de mourir, ne doit point regretter la dépense de sa vie entière. M. le Sage a remporté en 1758 un prix de l'Académie de Rouen sur la cause méchanique des affinités, qui ne sont que les attractions particulières des corps. C'est là qu'il a posé la base de son systême; la gravité y naît de l'impulsion. Le mouvement d'un fluide y produit ce grand phénomène; mais ce fluide n'est point semblable à celui de Descartes & de ses imitateurs, dont la marche en tourbillons souffroit les plus fortes difficultés. Celui de M. le Sage se meut en ligne droite: les corpuscules en sont lancés de toutes parts & dans toutes les directions; ils sont doués d'une grande vîtesse, ils sont très-petits & séparés par de grands intervalles; capables par conséquent de se croiser sans se nuire, d'agir sur la partie solide des corps, &, au moyen de leurs pores, de les traverser pour aller agir au-delà. Nul obstacle n'arrête ce fluide, comme nul obstacle n'empêche l'attraction; nous ne pouvons en dire

davantage ſur cet article. Les explications de quelques phénomènes perdroient à paroître iſolées ; le ſuccès d'un pareil ſyſtême dépend de la totalité des explications ; c'eſt donc à l'auteur à les préſenter en maſſe. Nous ne devons pas non plus ni applaudir au ſyſtême, ni élever des objections ; nous ne ſommes que l'organe du public, & il n'a pu prononcer ſur un ouvrage qui n'eſt pas encore publié. Mais les ſavans, qui connoiſſent le but & les efforts de M. le Sage, rendront juſtice à ſes lumières & applaudiront à ſa conſtance ; il eſt naturel même de ſouhaiter le ſuccès qu'il mérite. Ce ſeroit une choſe bien ſatisfaiſante, que le développement du méchaniſme de la gravité. Quoique nous nous repoſions dans l'idée qu'elle eſt une propriété de la matière, cependant l'eſprit humain eſt confondu quand il cherche à ſe figurer comment cette propriété peut s'exercer, comment les corps céleſtes, ſans agens intermédiaires, ſans levier, ſans bras, peuvent les uns les autres ſe ſaiſir, ſe maîtriſer à des diſtances énormes ; & enfin comment cette vertu occulte & prodigieuſe, attachée aux corps mêmes, peut ſe tranſporter ſi loin, ſans ceſſer d'y réſider.





HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS V.

Des Conſtellations & des Signes du Zodiaque.

RIEN n'eſt plus impoſant que le ſpectacle du ciel étoilé, rien n'eſt plus propre à remuer l'imagination & à réveiller des idées de grandeur & d'étendue ! La nuit nous préſente une multitude de flambeaux confuſément épars ſur une voûte apparente ; & tandis que la vue nous attache à ce ſpectacle, la raiſon éclairée par les travaux des ſiecles, briſe cette voûte, en rejette l'illuſion, & ne voit plus qu'une infinité de corps lumineux placés à des diſtances énormes, & des mondes ſemés ſans nombre dans des eſpaces ſans bornes. Mais en même tems l'imagination ſe rappelle que l'homme a claſſé toutes ces étoiles, y a deſſiné des groupes & leur a impoſé des noms.

L'ancienne hiſtoire y eſt écrite, & la fable y eſt figurée; les premiers Dieux y conſervent un empire. Anciennes erreurs, vérités antiques, tout eſt écrit dans ce livre; & l'homme qui ſait y lire, retrouve à la fois la grandeur majeſtueuſe de la nature, la mythologie & les débris des cultes, les leçons de la fable & le ſouvenir de ſes premiers ancêtres.

Ces Dieux, ſi long-tems adorés, leurs aventures, leurs hauts faits, leur généalogie, conſignés dans tant de Poëmes, leurs noms tracés dans le ciel, ont inſpiré aux hommes la curioſité de pénétrer dans ces récits, de démêler ce qui appartient à la vérité ou à la fiction; de deviner dans quel tems ont vécu ces perſonnages, dans quels lieux ſont arrivés les faits rendus ſacrés par une longue mémoire. Si la durée de la tradition eſt proportionnée à l'importance des choſes, qu'y a-t-il eu de plus important que celles dont le ſouvenir a réſiſté aux ſiecles & aux révolutions qui ont changé pluſieurs fois la face de la terre!

Il y a déjà long-tems qu'on a découvert ou ſoupçonné que ces prétendus Dieux n'étoient que des hommes diviniſés. Depuis, en particulariſant cette idée, les uns ont penſé que les noms étant déguiſés & les hiſtoires traveſties, la fable n'étoit qu'une altération des récits de la Bible; les autres, ſous un autre point de vue, y ont apperçu l'hiſtoire des anciens peuples; hiſtoire enveloppée des ornemens du merveilleux, & chargée des erreurs de l'ignorance. Quelques modernes n'ont vu dans ces fables que des allégories; ce ſont des emblêmes dont le ſens a été méconnu. Jadis, avant l'invention de l'écriture, ou du moins lorſqu'elle n'étoit pas vulgaire, on offroit au peuple des images, on lui parloit par des hiéroglyphes; c'eſt ainſi qu'il étoit inſtruit des ſaiſons, & averti des travaux de l'agriculture. L'intelligence des hiéroglyphes s'eſt perdue; on a cependant

cependant voulu expliquer ce qu'on n'entendoit plus, & les emblêmes figurés ont produit des hommes & des histoires. Deux systêmes modernes & très-ingénieux ont rapporté l'origine des fables, le premier à l'Agriculture, le second à l'Astronomie, ou plutôt à l'une & à l'autre ensemble. Ces deux systêmes n'en font qu'un, puisque le ciel commande à la terre, & que les travaux de la campagne sont réglés par la marche des astres & par l'état du ciel.

L'Astronomie de M. de la Lande renferme l'exposé d'un de ces systêmes, dont l'auteur est M. Dupuis (*a*). Il appartient à l'histoire de cette science d'en donner une idée, & d'y joindre quelques réflexions. Nous avons remarqué plus d'une fois combien les anciens étoient attentifs aux levers & aux couchers des étoiles, qui leur annonçoient les saisons, & qui dirigeoient les travaux du laboureur. M. Dupuis trouve dans les circonstances de ces levers & de ces couchers l'origine de la plupart des fables & des récits de la mythologie. La succession de ces phénomènes pour le climat de l'Egypte, & dans un tems très-reculé, explique la généalogie & la parenté des personnages, leurs aventures, leurs inclinations, leurs morts, &c. Ce n'est pas ici le lieu de rapporter, & encore moins d'examiner le détail de ces explications. La clef du systême, entiérement nouvelle, a une grande vraisemblance. Une constellation se leve à l'orient, la fable lui fait tuer celle qui en même tems se couche à l'occident ; deux constellations se levent successivement, l'une est la fille de l'autre. Ces hypothèses séduisantes peuvent renfermer des vérités. Nous ne dirons point si ces explications sont les seules qui soient vraisemblables, si un pareil travail fait pour un autre climat que

(*a*) Professeur de Rhétorique au Collége de Lisieux.

celui de l'Egypte, n'offriroit pas des idées aussi plausibles dans un ciel rempli d'étoiles, où un nombre de constellations diversement figurées & revêtues d'une multitude de noms, peuvent donner lieu à des allusions peut-être fort différentes; il suffit à ce système d'être ingénieux, il doit faire honneur à son auteur.

Nous rappelerons seulement quelques principes déjà établis dans cette histoire. Le savoir astronomique & connu des Egyptiens se réduit à très-peu de chose. Voici ce que nous en avons dit dans notre premier volume de l'Astronomie ancienne: » nous ne voyons pour eux que la position de leurs pyramides, » qui suppose des méthodes astronomiques; la connoissance » très-ancienne de l'année de $365^j\frac{1}{4}$, & le vrai mouvement » de Mercure & de Vénus (*a*). » Mais en leur attribuant ces connoissances, pour ne pas risquer d'être injustes, nous sommes loin de vanter leur science; nous penchons même à en douter, & nous avons élevé à cet égard des préjugés légitimes (*b*). Nous n'avons point cru à leur savoir sur leur parole, ni sur les exagérations des Grecs. La position des pyramides n'exige pas que les Egyptiens fussent très-savans: l'usage d'orienter les édifices a été presque général dans l'antiquité; & non seulement chez des Nations éclairées, telles que les Chinois & les Brames, mais en Amérique même, & chez les Péruviens. Il n'est pas difficile d'orienter passablement les faces d'un édifice. A l'égard du quart de jour ajouté à l'année, il suppose des observations; mais il n'est pas nécessaire qu'elles aient été ni très-suivies, ni très-précises. On ne peut en aucune façon, comparer l'Astronomie, qui a donné ce quart de jour, avec celle qui a réglé les années sidérales &

(*a*) Hist. de l'Astron. anc. p. 182.

(*b*) *Ibid.* p. 166, 181.

fort exactes que l'on retrouve dans l'Asie. Il n'y a donc que le vrai mouvement de Mercure & de Vénus, qui annonce & des observations bien faites, & du savoir astronomique ; mais il n'est point du tout prouvé que cette découverte appartienne à l'Egypte. L'antiquité garde le silence sur les inventeurs ; Macrobe seul a cité les Egyptiens. Ce sont les Grecs qui ont fait la réputation de ce peuple ; mais les Chaldéens & les Orientaux en général ont une supériorité très-marquée sur lui. C'est en Asie qu'on retrouve les grandes & longues périodes, la connoissance exacte des mouvemens du soleil & de la lune, & celle du mouvement des étoiles, la méthode de calculer & de prédire les éclipses, la double division du zodiaque ; enfin tous les monumens d'une Astronomie anciennement cultivée. On ne peut opposer à ces monumens que les éloges des Grecs, disciples qui n'ont pas fait beaucoup d'honneur à leurs maîtres. Cette opinion greque, long-tems conservée en Europe, n'est qu'une prévention de l'orgueil ou de la reconnoissance ; elle ne peut balancer les faits qui déposent pour l'Asie. On peut croire que les Egyptiens étoient médiocrement instruits en Astronomie ; on est encore plus sûr qu'ils n'étoient point communicatifs. Quand on vouloit participer aux connoissances des Prêtres d'Egypte, il falloit la recommandation, les ordres réitérés des Rois ; Pythagore fut obligé de se soumettre à la circoncision ; encore Pythagore & les autres Grecs, qui voyagerent en Egypte, n'ont-ils presque rien obtenu de ces Prêtres si réservés. Ce mystère bien prouvé rend peu vraisemblable l'instruction générale de l'univers. Comment ces Prêtres, ces peuples si mystérieux, auroient-ils porté ou laissé porter leurs inventions, leurs connoissances dans les pays les plus éloignés, aux Indes, à la Chine, au Japon, & jusques chez les peuples nommés Hyperboréens ? C'est une vérité bien prouvée, que

tous les peuples de la haute antiquité, ſauvages & myſtérieux, vivoient iſolés, & ne ſe communiquoient rien. Nous ſommes partis de cette vérité pour nier toute communication entre ces peuples antiques, du moins toute communication aſſez libre & aſſez facile pour avoir de grands effets, & pour établir cette vaſte circulation de connoiſſances, qui eſt un avantage de l'Europe civiliſée, & qui eſt entiérement nouvelle ſur la terre. Nous avons conçu que jadis ces connoiſſances avoient été tranſmiſes par héritage, qu'elles s'étoient propagées avec les colonies; & que ſorties de la ſouche, elles s'étoient étendues & partagées dans les branches des peuples.

On peut même préſumer que ce ſont plutôt les Egyptiens qui tiennent quelque choſe des autres Nations, ſoit parce qu'ils en ſont deſcendus, ſoit parce qu'ils ont partagé à la même ſucceſſion. Scaliger nous a conſervé trois ſphères, la perſienne, l'indienne & la barbarique. Cette ſphère barbarique eſt celle qui eſt relative au climat de l'Egypte; elle eſt ainſi nommée, parce que les Grecs regardoient comme barbare tout ce qui étoit étranger à leur climat, à leur langue, à leurs mœurs; & malgré leurs éloges exagérés, ils traitoient ſouvent de barbare cette Egypte, leur mère & leur inſtitutrice. Ces ſphères nous donnent les déſignations des conſtellations connues dans l'Inde, dans la Chaldée & dans l'Egypte; elles peuvent donc être comparées. L'indienne differe tout-à-fait des deux autres; la perſienne a des rapports avec l'Egyptienne. On y retrouve l'Hydre, le Lion, le Chien, le Taureau, la petite & la grande Ourſe, la Vierge avec l'Épi. Ces reſſemblances ne permettent pas de douter que l'une des ſphères n'ait été fabriquée ſur l'autre. Mais on trouve dans la ſphère barbarique & égyptienne les conſtellations, revêtues des mêmes noms ſous leſquels nous les connoiſſons aujourd'hui; c'eſt

Caſſiopée, Andromède, Perſée, Orion & tous ces perſonnages de la Mythologie qui vivent dans les fables greques. Nous regardons comme un principe certain, que lorſqu'on adopte les choſes, on adopte en même tems les noms. La communication d'une ſcience eſt marquée par le paſſage des mots d'une langue dans une autre; les mots étrangers & naturaliſés conduiſent à ſon origine. On voit que nous tenons l'Aſtronomie des Grecs, parce que le nom & la plupart des anciens termes de cette ſcience ſont grecs. Les termes primitifs de la chimie & de la compoſition myſtérieuſe de la pierre philoſophale, qui tous ſont arabes, annoncent que ces ſciences, vraies ou prétendues, ſont ſorties de l'Arabie. Dans la ſphère perſienne toutes les figures ſont ſans nom; nous voyons qu'Hercule y eſt nommé l'*Homme à genoux*, Caſſiopée, l'*Homme ſur une chaiſe*, Perſée, l'*Homme tenant une tête de femme*, Andromede, *la Femme enchaînée*, Orion, *le Violent* (*a*). Il eſt remarquable que nous avons conſervé dans nos dénominations celle de l'*Agenouillé* & de la *Femme enchaînée* à Hercule & à Andromede. La ſphère la plus ſimple eſt la plus ancienne, elle eſt la ſphère originale; l'autre eſt une copie à laquelle on a ajouté des ornemens. Que ce ſoient les Grecs, les Egyptiens, ou tout autre peuple, qui par une raiſon quelconque aient placé dans le ciel les noms de Perſée, Hercule, Andromede, &c., il eſt viſible que ces additions, ces ornemens ont été placés ſur un fond donné. Si la ſphère des Egyptiens eût paſſé dans la Perſe, les conſtellations y euſſent été reçues avec tous leurs noms; les Perſes auroient fait comme nous, nous déſignons encore les conſtellations par les noms de ces perſonnages fabuleux qui ne nous ont jamais intéreſſé. Les

---

(*a*) *Suprà* Tome II, p. 609.

anciennes désignations de l'*Agenouillé* & de la *Femme enchaînée* sont même restées avec les nouvelles, pour attester l'origine de ces institutions, qui est orientale, comme tout ce qu'il y a d'antique sur la terre. Nous ignorons quel est précisément le peuple, qui a imposé ces noms à des constellations marquées auparavant par des figures, & caractérisées seulement par leurs attitudes. Mais il ne faut pas oublier que l'Hercule dont il est ici question, a été Phénicien avant d'être Grec. Le fils d'Alcmène a été formé sur un modele asiatique; cet Hercule de Phénicie est le plus ancien, & son nom tient par ses racines & par sa signification aux langues du nord (*a*).

Quoi qu'il en soit de ces origines, & de l'antériorité d'un peuple sur les autres dans la carrière des sciences, nous ne nous occuperons ici que de la division du zodiaque, de ses douze signes & de ses constellations. M. Dupuis remarque avec Macrobe, que dans les signes du zodiaque, le Capricorne & l'Écrevisse placés aux deux solstices, sont les caractères du mouvement du soleil, qui, arrivé à ces deux points, ou s'éleve sans cesse comme la chevre sauvage, ou revient sur ses pas & à reculons, comme l'écrevisse. Il en est de même de la Balance qui se trouve à l'équinoxe d'automne, & qui peut être le symbole de l'égalité des jours & des nuits. Ces constellations semblent s'avancer le long de l'écliptique, à mesure que l'équinoxe rétrograde; & à raison d'un degré en 72 ans, les constellations font un chemin de trente degrés en 2160 ans. Elles ne peuvent donc pas rester aux points qu'elles caractérisent dans l'orbite solaire. Ces constellations n'ont été convenablement placées que deux ou trois siecles avant notre ère, & vers le tems d'Hypparque; depuis cet Astronôme, elles se

(*a*) Astronomie ancienne, pages 80 & 327.

ſont avancées, & de maniere qu'aujourd'hui le ſoleil arrive aux équinoxes & aux ſolſtices trente jours avant d'avoir atteint les étoiles du Bélier, de l'Écreviſſe, de la Balance, & du Capricorne.

Les ſignes du zodiaque ſont actuellement ſéparés des conſtellations : ce ſont deux choſes diſtinctes qu'il ne faut pas confondre ; nous demandons qu'on y faſſe attention dans la ſuite de ce diſcours. Les ſignes ſont des eſpaces égaux, chacun de trente degrés formant enſemble les 360 degrés du cercle de l'écliptique : ces ſignes ne ſont réellement que les diviſions, les douziemes parties de la courſe ſolaire ; ils partagent & l'écliptique, & le tems d'une année que le ſoleil emploie à la parcourir. Les conſtellations ſont des portions du zodiaque, plus ou moins remplies d'étoiles, & plus ou moins étendues. La néceſſité de les aſſembler en grouppes, & d'y deſſiner des figures, n'a pas permis de donner à ces conſtellations des eſpaces égaux (*a*) ; mais les douze embraſſent le circuit du zodiaque. Pour éviter toute équivoque à cet égard, lorſque

---

(*a*) ETENDUE DES CONSTELLATIONS.

Suivant Ptolémée, elle commence :				*Elle finit :*			*Son étendue :*	
Le Bélier	♈	6°	40′	♈	19°	10′	12	30
Le Taureau	♈	26	20	♊	3	20	27	0
Les Gemeaux	♊	23	29	♋	0	40	7	11
L'Écreviſſe	♋	10	20	♋	21	10	10	50
Le Lion	♋	18	20	♌	28	30	40	10
La Vierge	♌	25	20	♎	6	40	41	20
La Balance	♎	17	0	♏	4	20	16	20
Le Scorpion	♏	5	40	♐	1	10	25	30
Le Sagittaire	♐	4	30	♐	29	40	25	10
Le Capricorne	♑	6	10	♑	26	50	22	40
Le Verſeau	♑	26	30	♒	29	0	32	30
Les Poiſſons	♒	21	40	♓	29	50	38	10

nous voudrons parler des douze ſignes égaux qui partagent l'orbite du ſoleil, nous dirons *les ſignes de l'écliptique ;* quand nous voudrons déſigner les conſtellations, figurées autour de ce cercle par des amas d'étoiles, nous dirons *les conſtellations du zodiaque.*

Il eſt inconteſtable que la zône du ciel, nommée aujourd'hui le zodiaque, les conſtellations, les ſignes de l'écliptique ont été connus bien long tems avant Hypparque; il y a même aſſez long-tems pour que les étoiles aient pu s'avancer de quatre-vingt-dix degrés. Il arrivoit donc alors le contraire de ce qui arrive aujourd'hui ; le Soleil avoit déjà quitté les étoiles du Bélier, de l'Écreviſſe, de la Balance & du Capricorne ; lorſqu'il ſe trouvoit dans les équinoxes & dans les ſolſtices.

Cependant les conſtellations des ſolſtices ne peuvent appartenir qu'à l'un ou à l'autre de ces points ; la Balance ne peut convenir qu'à l'un des deux équinoxes. M.Dupuis a imaginé de remonter d'une demi-révolution, & il a ſuppoſé que lors de la première diviſion du zodiaque, l'Ecreviſſe répondoit au ſolſtice d'hiver, le Capricorne au ſolſtice d'été, & la Balance à l'équinoxe du printems. D'un autre côté, M. Dupuis regarde le Taureau céleſte comme l'indice du labourage ; il établit avec raiſon que la Vierge tenant un épi, n'a été placée dans le ciel que pour y marquer le tems de la moiſſon. Mais au ſiecle d'Hypparque, le Soleil parcouroit le Taureau pendant le mois de Mai ; aucun des peuples connus de l'antiquité ne labouroit alors : cet aſtre étoit dans la conſtellation de la Vierge au mois d'Août ; & chez tous ces peuples il y avoit déjà long-tems que les récoltes étoient faites. A cette époque de l'année, l'Egypte même étoit couverte par les eaux du Nil. Mais en faiſant faire à ces deux ſignes, comme aux trois autres, une demi-révolution, le Taureau tombe en Novembre,

& la Vierge en Mars, qui sont pour l'Egypte la saison du labourage & celle de la moisson. On y laboure, on y seme en Novembre, aussi-tôt que les eaux du Nil sont retirées; on y récolte en Mars ou en Avril. Chez les Grecs & chez les Romains, le blé étoit enseveli neuf à dix mois dans la terre; en Egypte l'intervalle de quatre mois suffisoit à la maturité des grains, parce qu'un soleil ardent fécondoit une terre engraissée & donnoit une grande force à la végétation. Si nous remontons, avec M. Dupuis, à cette haute antiquité où la Balance occupoit l'équinoxe du printems, où le Taureau tomboit en Novembre & la Vierge en Mars, tous les autres signes s'accordent singuliérement avec le climat de l'Egypte, & le systême entier présente un ensemble ingénieux & séduisant.

Mais cette transposition des constellations, reportées d'une extrémité du ciel à l'autre, demande un tems énorme! Il faut accumuler les siecles, donner à la race humaine & au souvenir qui fonde la tradition, une durée qui étonne, ou imaginer des dérangemens physiques, qui ne peuvent être admis sans preuves, ou supposés sans une nécessité absolue. Ces hypothèses tiennent à une grande question, celle de l'antiquité de l'Astronomie, & à la détermination du tems où les hommes ont exécuté la division du zodiaque, un de leurs premiers travaux astronomiques. Nous avons déjà traité ces questions; le systême de M. Dupuis nous y ramene nécessairement: nous allons en examiner les principes; voici nos observations.

Il n'y a point de doute que les noms des signes de l'écliptique & des constellations du zodiaque n'aient eu jadis un sens; ils ont dû signifier quelque chose. Mais si ce principe est simple & vrai, cette signification primitive n'en est pas plus facile à deviner. On apperçoit encore que ces constellations, ou ces signes ramenés chaque année dans le même ordre & à

la ſuite les uns des autres, ont dû recevoir des noms relatifs & à l'année & à ſes différentes époques. Mais le tems qui appartient à l'eſpece, & qui s'écoule également pour tous les individus, l'année qui offre indifféremment ſes ſaiſons aux hommes de tous les climats, de tous les âges & de tous les rangs, ramene-t-elle les mêmes intérêts & les mêmes penſées? Le riche trouve une ſucceſſion de plaiſirs variés dans le cours de l'année, où l'homme ruſtique ne voit qu'une ſucceſſion de travaux différens. Lorſque les peuples étoient plus ſimples, lorſque les mêmes occupations appartenoient à tous les individus, ces occupations déterminoient les intérêts & les penſées; elles ont pu régler également les dénominations zodiacales. Si chacun de ces peuples y eût tracé ſes idées, on pourroit y lire des choſes fort différentes. Peut-être même toutes les figures inſcrites ſur la voûte céleſte, ne ſont-elles pas du même tems; elles peuvent appartenir à des époques ſucceſſives, avoir été inventées par des vues différentes, & être l'ouvrage des peuples qui ſont venus, les uns après les autres, ajouter des idées nouvelles à des idées antiques. Nous ne voyons pas qu'on puiſſe établir en principe que ces ſignes indicateurs, tant du mouvement du ſoleil que des travaux de la campagne, ont été placés enſemble & par un ſeul deſſein dans le zodiaque. Ici le deſſein n'eſt pas unique; on reconnoît deux vues qu'on peut diſtinguer. L'une eſt la conſidération des circonſtances du mouvement ſolaire; l'autre eſt celle de ſon influence ſur l'agriculture. Voilà une ſcience & un art; il faut que le peuple inſtituteur ait été à la fois agriculteur & ſavant. S'il a commencé par être ſeulement agriculteur, comme on doit le ſuppoſer, l'unité de deſſein n'y eſt plus, & on ne peut préſumer celle d'inſtitution; d'ailleurs les peuples cultivateurs n'ont pas toujours exiſté. Ces peuples, ſans doute,

ont transporté dans le ciel les objets de leurs occupations domestiques; ils ont pu y marquer les époques de leurs travaux & celles de leurs espérances. Mais on ne peut douter que les premiers hommes n'aient été d'abord chasseurs, ensuite pasteurs. On a commencé par poursuivre les animaux sauvages, pour se nourrir de leur chair: on a imaginé de les prendre, de les garder vivans, pour avoir une nourriture de réserve; enfin de les faire multiplier, pour augmenter les moyens de subsistance. C'est dans cette seconde époque de la société que l'Astronomie a pris naissance; on convient généralement qu'elle est due au loisir des bergers. On a classé, nommé les objets, ou du moins quelques-uns des objets qu'on avoit toutes les nuits sous les yeux: l'Astronomie a donc précédé l'agriculture; elle s'est étendue avec cet art de première nécessité, elle est devenue plus importante, en devenant utile. Mais certainement il y avoit des constellations reconnues & des étoiles nommées avant qu'on eût labouré la terre; & ces étoiles avoient été désignées ou par des chasseurs qui ne connoissoient l'automne que comme le tems des chasses & des pluies, ou par des bergers qui célebrent le printems comme la saison de l'herbe fraîche, & de la génération, qui renouvelle leurs troupeaux. Il seroit donc possible que le zodiaque renfermât des vestiges de ces trois états successifs de la race humaine. Le respect des peuples a pu placer également, au milieu des flambeaux de la nuit, à la vue de toute la terre, les objets de leur vénération & de leur culte, les héros de leur histoire, & les Dieux de leur croyance. Les signes, qui indiquent ou les intempéries des saisons, ou le labourage & les récoltes, ont été introduits dans le zodiaque, lorsque les animaux tués à la chasse, ou nourris dans la domesticité, n'ont plus suffi à l'espece humaine multipliée; lorsqu'on a ouvert le sein de la terre, & observé

le ciel qui la rend féconde ; enfin lorſqu'il y a eu des peuples agriculteurs. C'eſt peut-être pour mettre la dernière main à cet ouvrage, qu'un peuple agriculteur & Aſtronôme a établi les ſignes qui répondent aux équinoxes & aux ſolſtices, pour caractériſer ces termes de la courſe ſolaire. Nous ne prétendons ni choiſir entre ces motifs, ni en garantir aucun ; nous penſons que toutes ces cauſes peuvent avoir concouru. Le ſort des inſtitutions humaines eſt d'être ou détruites, ou changées par le tems. Ce qui nous reſte de l'antiquité a eſſuyé les altérations d'une longue ſuite de ſiecles ; les conjectures que nous propoſons, ne ſont que des vues philoſophiques. On peut dire ſur ces origines bien des choſes vraiſemblables & différentes. Cependant les traces de toutes ces cauſes, de tous ces motifs, pourroient ſubſiſter encore dans notre zodiaque actuel. Le Sagittaire appartiendroit à la chaſſe, les Poiſſons à la pêche, qui eſt une occupation du même genre, & ſans doute de la même date dans l'antiquité. Le Bélier, le Taureau, les Gemeaux, qui jadis étoient deux chevreaux, ſeroient dûs à la vie paſtorale. Le Taureau pourroit être auſſi un ſigne religieux ; le Bœuf & la Vache ont eu les reſpects de l'Egypte & de l'Inde, & un culte preſque univerſel dans l'ancien monde. Le Scorpion marqueroit les maladies d'automne, le Verſeau les pluies, la Vierge la moiſſon. L'Ecreviſſe, la Balance, le Capricorne caractériſeroient le mouvement du Soleil ; & le Lion la violence de ſes feux dans le ſolſtice d'été, ſi l'on ne veut pas regarder ce ſigne, comme une image de l'ancienne guerre que les hommes ont faite aux animaux féroces.

Incertains, au milieu de ces origines, qui nous dit que le Taureau a été placé dans le ciel pour annoncer le labourage ? Le bœuf Apis avoit des autels en Egypte ; mais comment ſavons-nous que les autels qu'il a obtenus ſont dûs à cette

espece d'utilité? Nous verrons qu'il est en effet des peuples, qui ont désigné quelques-unes de leurs constellations par les instrumens du labourage : ils ont dû choisir des étoiles qui pouvoient en indiquer la saison ; mais l'intention est bien marquée. On y voit la Charrue, on voit le Laboureur conduire ses bœufs attelés. Ici dans notre zodiaque, le Taureau est seul; il n'est point sous le joug, il n'est point conduit par l'homme, il est libre comme dans les prairies. Les labours sont sans doute l'opération première & essentielle de l'agriculture dans certains climats ; le bœuf docile au joug, est en conséquence utile à l'homme. Mais cette utilité, dans les pays où elle est le mieux sentie, n'a point produit cette reconnoissance. Le taureau n'a point d'honneurs à la Chine, & cependant l'agriculture y a toujours été honorée plus qu'ailleurs; pourquoi en a-t-il obtenu en Egypte, où le labourage est facile & souvent négligé? *Les uns*, dit Diodore de Sicile, *se contentent de semer leur champ*, *lorsqu'il commence à se dessécher; les autres remuent la terre encore humide avec une legère charrue*(a). Si les taureaux d'Egypte ont été mis jamais sous le joug pour traîner le soc & ouvrir la terre, on voit que leur peine n'étoit pas grande; ce leger service n'a dû exciter qu'une foible reconnoissance. Dans les beaux climats, le genre humain, toujours prévenu, a toujours été ingrat, il s'accoutume aux profusions de la nature; c'est dans les pays âpres & difficiles, où elle donne peu, où le travail fait tout, que les hommes sont reconnoissans. Le culte du bœuf en Egypte doit avoir la même origine que celui de la vache dans l'Inde, au Thibet & chez quelques peuples Tartares. Le bœuf domestique appartient aux peuples pasteurs comme aux peuples agriculteurs. On trouve au commencement du zodiaque le

(a) Diodore, Livre I.

Bélier, le Taureau, les Chevreaux, ce sont les trois especes dont l'homme a d'abord formé des troupeaux (*a*). Nous voyons dans ces trois signes célestes un reste de la vie patriarchale, & un sentiment des peuples pasteurs. Le lait a été leur premier aliment, la vache, qui fut long-tems la nourrice du genre humain, a droit à la reconnoissance des hommes. Les Scythes adoroient la terre qui produit & nourrit tout; ils la nommoient *Apia*. Les Egyptiens, dans leurs hyérogliphes la peignirent sous l'emblême d'une vache; c'est de là peut-être que le bœuf Apis a tiré & son nom & son culte. Ce culte pourroit donc être originaire de Scythie plutôt que de l'Egypte. La vache a reçu les respects de l'Asie, & on a placé dans le zodiaque le mâle de l'espece, qui alimentoit les peuples simples & grossiers, les peuples Nomades, comme ils l'ont tous été dans les premiers tems. Ces différentes suppositions peuvent être appréciées, comme on voudra; elles seront arbitraires & indifférentes tant qu'on n'en tirera point de conséquences. Mais ces conséquences resteront sans preuves, comme les suppositions mêmes. Ce n'est donc pas un motif suffisant pour rejeter à des siecles infiniment éloignés la division primitive du zodiaque.

Mais ce n'est pas tout. Le Taureau étant regardé comme l'indice du labourage, si l'on ne trouve que quatre mois d'intervalle entre ce signe & la Vierge tenant un épi, qui est l'annonce de la moisson; si ce signe du Taureau répond au mois de Mai, quoique dans la plupart des contrées de l'Europe & de l'Asie, le blé reste neuf à dix mois en terre, & que les grands labours s'y fassent au mois de Novembre, & après l'équinoxe d'automne, il n'y a cependant pas de nécessité de

(*a*) Le Bélier porte le nom de *Dux gregis*, & le Taureau celui de *Princeps armenti*. M. de la Lande, Astr. Tome I, p. 251, 252. Ces noms portent avec eux leurs motifs.

remonter au tems où le Taureau pouvoit répondre au mois de Novembre, ni d'en placer l'institution en Egypte. Dans les contrées septentrionales de l'Europe, où le froid regne pendant la plus grande partie de l'année, toutes les opérations de la culture sont resserrées dans un court intervalle. Dans la Laponie, on seme & on recueille en neuf semaines au plus; dans le midi de la Suede, on moissonne quinze semaines après avoir ensemencé. Cette disposition du zodiaque répondroit donc au climat de la Suede. Il y a quatre mois entre le signe du Taureau & celui de la Vierge; le Taureau se trouve au tems des labours qui doivent s'y faire au printems, lorsque le ciel a fondu les glaces & amolli la terre pour la disposer à la culture. On pourroit donc conclure que le zodiaque a été divisé sous le climat de la Suede méridionale, sous le parallèle de cinquante-cinq à soixante degrés plutôt que dans la haute Egypte, & vers le tropique. Nous concluons seulement que rien ne nous démontre que le Taureau céleste soit celui de la charrue; & quand cela seroit démontré, nous voyons qu'il est sur le globe des climats, qui donnent quatre mois entre les semailles & la récolte, comme le zodiaque quatre signes entre le Taureau & la Vierge, des climats où les grands labours se font au printems. Cette disposition ne prouve donc rien, ni pour le lieu, ni pour le tems où la division primitive a été exécutée.

La disposition, qui transporte la Balance à l'équinoxe du printems, n'est ni plus nécessaire, ni plus légitime; elle nous semble contredite par les faits de l'antiquité. Nous allons entrer dans quelques détails à cet égard. M. Dupuis a pu partir d'un principe que nous avons établi au commencement de cette histoire; sa supposition est semblable à la nôtre: mais en donnant trop d'étendue à ses conséquences, il est sorti des

bornes que nous nous ſommes preſcrites. Il n'y a point de doute que le premier partage de l'année & du mouvement du ſoleil n'ait été en deux parties. Le tems où cet aſtre ceſſe de monter vers le nord, celui où il ceſſe de deſcendre vers le midi, voilà deux époques remarquables dans l'année, & une diviſion naturelle de la courſe ſolaire. Le moment des équinoxes, l'obſervation de l'égalité des jours & des nuits a fourni une nouvelle diviſion en quatre parties. Celle en douze ſignes n'eſt qu'une ſubdiviſion de celle-ci, un partage de chaque quart du cercle en trois parties; enfin chacune de ces parties a encore été diviſée en trois portions, chacune de dix degrés. Cette hypothèſe, déjà très-naturelle par elle-même, eſt autoriſée par la tradition. Celles de l'Aſie portent qu'on diviſa d'abord le zodiaque par les ſolſtices & les équinoxes, & que ces quatre parties, trop étendues, ont été ſubdiviſées, chacune en trois (*a*). Les Egyptiens attribuoient à Hermès pluſieurs diviſions ſucceſſives en deux, en quatre, en douze & en trente-ſix parties. Mais lorſqu'on a ſubdiviſé les intervalles des équinoxes & des ſolſtices en trois parties, ſi on y a deſſiné douze conſtellations, chaque équinoxe & chaque ſolſtice a dû néceſſairement répondre au commencement d'une conſtellation; voilà notre principe. En conſéquence, comme Eudoxe nous a laiſſé une deſcription de la ſphère, telle qu'elle étoit quatorze ou quinze cens ans avant notre ère, nous avons remarqué que les points cardinaux y répondoient au quinzieme degré des conſtellations du Bélier, de l'Ecreviſſe, de la Balance & du Capricorne. Nous avons dit, conformément au principe que nous venons d'établir: les étoiles, les conſtellations ont changé de place depuis la diviſion primitive; elles ont avancé

(*a*) *Albategnius, de Scientiâ Stellarum*, C. 2.

au moins de quinze degrés : en ſorte que jadis, & environ deux mille cinq cens ans avant notre ère, les points cardinaux ont dû ſe trouver au dernier degré du Bélier, de l'Ecreviſſe, de la Balance & du Capricorne (*a*). Cette concluſion étoit inconteſtable, c'étoit la première preuve poſitive qu'on eût encore donnée de cette grande antiquité de la diviſion du zodiaque. C'eſt alors que le Soleil arrivant au Taureau, commençoit le printems, ramenoit la végétation, & a donné cours à la tradition que le Taureau ouvroit l'année.

Candidus auratis aperit cum cornibus annum
Taurus.

Mithra, emblême du Soleil, étoit toujours chez les Perſes repréſenté par un Taureau; il avoit ſans doute quelque rapport au Taureau équinoxial. Jablonski penſe que Jupiter Ammon, révéré ſous la forme d'un homme avec des cornes de bélier, étoit le ſymbole du ſoleil dans l'équinoxe du printems; mais Hercule étoit auſſi le ſymbole du Soleil dans le même équinoxe (*b*). Ces deux ſymboles différens ne ſemblent-ils pas relatifs au changement de l'équinoxe ? Le bélier étoit adoré dans la ville d'Ammon, comme le bœuf dans Memphis. Les Egyptiens révéroient le bœuf Apis en mémoire du Taureau céleſte (*c*). Ces deux cultes du taureau & du bélier vivans avoient ſans doute la même ſource. La tranſlation de l'équinoxe peut être marquée dans une fête des Egyptiens, où ſelon Hérodote (*d*), on amenoit la ſtatue d'Hercule à celle de Jupiter

(*a*) La première étoile du Bélier a été dans l'équinoxe du printems, 373 ans avant notre ère; & lorſqu'elle en étoit éloignée de quinze degrés, l'équinoxe répondoit au quinzieme degré de la conſtellation, 1447 ans avant notre ère. L'équinoxe a dû répondre au dernier degré, 2518 ans avant la même époque.

(*b*) Hiſtoire de l'Aſtronomie ancienne, p. 316.

Jablonski Pantheon Egyp. Proleg. p. 84, *& C.* 2 *&* 3.

(*c*) Lucien, *de Aſtrologiâ.*

Bannier, Mythologie, Tome I, page 512.

(*d*) Hérodote, *Lib. II.*

Ammon, couverte d'une peau de bélier. Cela ne ſemble-t-il pas ſignifier que l'équinoxe, repréſenté d'abord par Hercule, l'étoit alors par Jupiter Ammon, & avoit paſſé du Taureau dans le Bélier. Nous obſerverons ſeulement, en citant ces faits, qu'ils ne prouvent pas que l'inſtitution de ces uſages ſoit égyptienne; nous avons encore des uſages & des fêtes, des commémorations dont l'origine eſt également éloignée de nous, & pour le tems & pour le lieu, & dont les motifs ſont preſque enſevelis ſous les ſiecles. On ne peut appercevoir ici que la trace du changement de l'équinoxe: on la trouve encore dans l'uſage des Perſans, qui nomment par les lettres de leur alphabet les douze ſignes de l'écliptique; la première, la lettre A déſigne le Taureau (*a*). Il paroît donc bien prouvé que l'équinoxe a commencé jadis ce ſigne.

Nous avons été plus loin: nous avons vu qu'avant cette époque de 2500 ans & plus de 3000 ans avant notre ère, les livres anciens, les traditions parlent des Pléïades, des conſtellations & des ſignes de l'écliptique; nous avons préſumé que la diviſion primitive du zodiaque devoit être reculée de plus de vingt ſiecles, & attribuée au tems où l'équinoxe du printems répondoit au premier degré des Gémeaux. Le premier déplacement eſt une concluſion aſtronomique, le ſecond n'étoit qu'une conjecture: en la formant, nous n'avons eu aucun égard aux ſignes caractériſtiques du mouvement du ſoleil, c'eſt-à-dire, à l'Ecreviſſe, au Capricorne & à la Balance, & voici pourquoi. C'eſt que nous ignorons quand ces caractères ont été introduits dans le zodiaque. Nous aurions pu tirer des concluſions pour une époque où ils n'exiſtoient pas. La diviſion d'un cercle, d'abord en quatre parties, enſuite en douze eſt

(*a*) Chardin, Tome V, p. 84.

mathématique ; la conséquence, qu'on a dû faire accorder ces deux divisions, est naturelle : mais les noms qu'on a donnés à ces parties sont arbitraires ; ils ont dépendu de la fantaisie des peuples. On a pu songer à la chasse, aux pâturages, aux labours & aux récoltes. On a pu aussi désigner le mouvement du Soleil : ces idées ont été successives ; il est difficile & d'en reconnoître les institutions, & de leur assigner à chacune leur tems. La signification particulière des signes caractéristiques du mouvement du Soleil est douteuse, du moins pour le Capricorne & pour la Balance. C'est une allusion bien legère, bien incertaine, que celle de l'allure de la chevre, qui monte toujours en broutant, avec le Soleil s'élevant du solstice d'hiver ; ou de cette même chevre, qui se plaît sur la cime des hauteurs, comparée au Soleil du solstice d'été, dominant au faîte du ciel & dardant à plomb ses rayons sur nos têtes. La chevre peut être là seulement comme une espece de nos utiles troupeaux. L'allusion de la Balance n'est pas plus sûre : c'est un instrument du commerce, c'est un attribut de la Justice ; cette constellation suit la Vierge, nommée aussi *Astrée*, *Themis*, & la Balance peut être son symbole. Comment donc, avec ces incertitudes, établir des conclusions exactes ? D'ailleurs les constellations n'ont aucun rapport aux objets & aux noms qui les désignent. Il est possible que lorsque l'Astronomie a passé d'un peuple à un autre, ces noms aient été confondus. On pourroit croire que les assemblages d'étoiles, nommés aujourd'hui le Lion ou le Sagittaire, étoient jadis l'Ecrevisse ou la Balance. Les signes seroient restés aux places où ils doivent demeurer, les noms seuls auroient été transposés. On ne peut douter que les constellations n'aient subi des changemens ; Ptolémée dit expressément qu'il s'en est permis, à l'exemple de ses prédécesseurs. Comment donc affirmer que les noms actuels des constellations

ſont ceux qu'elles portoient jadis. Le doute à cet égard eſt très-légitime ; nous en aurons bientôt des preuves.

Nous avons voulu nous aſſurer de ces changemens, & nous en avons cherché la trace dans l'antiquité. Nous ſommes partis du zodiaque de Ptolémée. On peut démontrer que les Grecs d'Alexandrie n'ont rien emprunté des Egyptiens, ils tenoient tout des Chaldéens ; l'Aſtronomie qu'ils nous ont tranſmiſe a pour baſe l'Aſtronomie chaldéenne. C'eſt donc de Babylone que nous viennent & les conſtellations & leurs noms ; nous pouvons avancer cette aſſertion, ſans pouvoir dire ſi tous ces noms ont été changés, & en quel tems ils l'ont été. Nous établirons quelques conjectures ſur la ſphère perſienne. Les Perſes étoient aſſez voiſins des Chaldéens pour laiſſer appercevoir certains rapports dans leurs connoiſſances réciproques ; les Indiens doivent auſſi en avoir avec eux, & les ſphères reſpectives ſe tenir par quelques points de reſſemblance.

Nous commencerons notre examen par la ſphère indienne (*a*) qui differe beaucoup & de la ſphère perſienne & de la nôtre : on n'y trouve point les conſtellations du zodiaque ; à peine y a-t-il deux ou trois figures qui puiſſent y faire quelque alluſion. On y voit un homme avec une tête de bélier, dont la femme eſt ſemblable à un taureau. Si ce ſont là les conſtellations du Bélier & du Taureau, on doit convenir qu'elles ont été bien changées : cependant on trouve ici une indication du labourage ; cet homme eſt *infatigable*, il eſt agriculteur, & il conduit des bœufs pour *labourer & pour ſemer.* On peut obſerver

(*a*) Nous remarquerons que la première conſtellation de cette ſphère ſous le Bélier, eſt un Chien. M. le Gentil nous apprend que le premier des douze ſignes porte chez les Indiens le nom de *Chien marron.* Le Bélier & le Mouton ſont inconnus dans le pays. *Voyez* ſon voyage, Tome I, p. 247 & 315.

qu'immédiatement après les Indiens placent un petit veau, qui pourroit indiquer la saison de la réproduction de l'espece. On trouve sous le signe du Lion un homme irrité comme un lion, couvert d'un manteau semblable à la peau de cet animal, & tenant un arc dans sa main. Cette figure pourroit avoir produit l'Hercule avec son arc, sa peau de lion, & l'animal lui-même, qui depuis a représenté par sa furie la violence des feux du soleil au solstice d'été. On y trouve la Vierge, mais non avec l'épi, caractère de la moisson. Sous la Balance on remarque une constellation qui a un grand rapport avec la balance même : c'est un homme établi dans un marché, & dans son comptoir ; il tient dans sa main une balance ou une romaine *pour acheter ou pour vendre*. Si cette figure est placée si à propos auprès de l'équinoxe, il faut faire attention que presque à l'opposite, & sous le signe des Gémeaux, on trouve un autre homme qui porte le poids d'une romaine. Ce double emploi ôte à ces figures toute leur signification. On peut dire encore que la signification même est rendue incertaine, par cette circonstance que l'homme tient la balance *pour acheter & pour vendre* ; l'emblême paroît changer d'objet. Qui nous dit qu'on n'a pas voulu marquer le tems du commerce & des foires, dont l'usage peut remonter à une grande antiquité, puisque les peuples les moins civilisés ont encore des rendez-vous convenus dans certains lieux, dans certains tems de l'année, où ils se joignent & se rassemblent pour leurs échanges. Quand on est devenu savant, un emblême a succédé à un autre, en conservant la même figure ; & la balance, qui pesoit les intérêts respectifs des hommes, est devenue la Balance céleste, qui égalise les jours avec les nuits. On y trouve un homme qui tient un arc & des fleches, & on diroit que c'est le Sagittaire, si on ne voyoit pas dans six

endroits (*a*) différens, d'autres hommes armés d'arcs & de fleches. Parmi ces hommes disposés à la chasse ou à la guerre, répandus dans presque toute l'étendue du zodiaque, on ne sauroit deviner quel est le Sagittaire. Ce symbole, précisément parce qu'il est répété partout, ne signifie plus rien, & n'a nul trait à la constellation qui porte aujourd'hui ce nom. On peut y remarquer un poisson ; mais on n'y trouve nulle trace des Gémeaux, de l'Ecrevisse, du Scorpion, du capricorne & du Verseau. Parmi les autres constellations plusieurs sont douteuses : ce qu'on y peut voir de plus clair se réduit à cette figure armée d'un arc & revêtue de la peau d'un lion, qui a pu servir de modèle aux peintures d'Hercule, à cette balance placée près de l'équinoxe d'automne, mais avec une signification équivoque, & surtout à l'homme qui conduit des bœufs pour labourer la terre, indication précise du labourage. La Vierge qui vient trois mois & demi, ou trois signes & demi après lui, quoiqu'elle ne porte point d'épi, peut être là cependant comme une moissonneuse. Ces deux indications seroient donc déjà dans cette sphère très-ancienne : mais il est remarquable que ces indications sont séparées par le même intervalle qui existe encore dans notre zodiaque ; en laissant ce zodiaque dans son état actuel, elles ne peuvent appartenir qu'au pays du nord, il faut le renverser, pour qu'elles conviennent à l'Egypte.

Si nous passons à la sphère persienne, & que nous la parcourions, comme celle-ci, en commençant à l'équinoxe du printems, on trouve d'abord sous le Bélier la figure d'un Taureau ; ce qui peut indiquer que cette sphère a été réglée

(*a*) Au second décan des Gémeaux, c'est-à-dire, entre le 10e & le 20e degré ; au 3e ; au 2e du Lion ; au 3e de la Balance ; au 1er du Sagittaire ; au 2e du Verseau.

lorſque l'équinoxe tomboit au premier degré du Taureau. Sous la fin de ce ſigne, on voit deux chars ſur chacun deſquels eſt un Agneau ; voilà les Gémeaux, & le tems du renouvelement de l'eſpece. L'Ecreviſſe n'y eſt pas ; mais on rencontre ſous ce ſigne & ſous celui du Lion, les deux Anes, le boréal & l'auſtral, qui ſont encore les noms donnés dans nos Catalogues à deux étoiles de l'Ecreviſſe. Cependant il faut remarquer 1°. que les conſtellations de ces deux Anes ont une étendue de plus de quarante degrés, depuis le dixieme degré de l'Ecreviſſe juſqu'au vingtieme du Lion ; & les deux étoiles ne ſont pas éloignées entr'elles d'un degré. 2°. Que la conſtellation déſignée par l'Ane auſtral finiſſant au vingtieme degré du Lion, n'a rien de commun avec l'étoile aujourd'hui déſignée ſous ce nom, puiſque cette étoile répond actuellement, à peu-près, au cinquieme degré du Lion. Au lieu d'avoir eu une marche progreſſive, depuis l'établiſſement de cette ſphère déjà ancienne, elle auroit rétrogradé de quinze degrés ; ce qui eſt impoſſible. Ce fait prouve qu'il y avoit là une conſtellation qui a été détruite ; voilà l'exemple d'un changement notable. En avançant, on rencontre ſous le Lion une couple de fleches, qui ſont trop éloignées du Sagittaire pour y faire aucune alluſion. La Vierge tenant deux épis, y eſt parfaitement caractériſée comme dans notre zodiaque, à la même place ; elle eſt, ſous le ſigne qui porte ſon nom, différente en cela du Taureau, qui, comme nous venons de le voir, eſt ſous le Bélier. Il y a donc plus de diſtance entre ces deux conſtellations de la Vierge & du Taureau dans la ſphère perſienne que dans la nôtre ; c'eſt un arrangement & une ſucceſſion différente. On trouve à la ſuite de la Vierge, & immédiatement après elle, une de ces poutres armées d'un ſoc, qui ſervoient à ouvrir la terre, & qui ont été les premières charrues. Ce ſeroit donc encore une

annonce du labourage ; ce ſecond ſymbole, entiérement déplacé, pourroit faire douter de la ſignification du premier. En aucun lieu, on n'a pu labourer auſſi-tôt après la moiſſon ; la nature a partout preſcrit un tems de repos & pour les hommes & pour la terre. Le Lion vient enſuite, & on voit qu'il eſt ici tranſpoſé ; dans notre ciel il précede la Vierge. C'eſt encore un exemple d'un changement réel & ſenſible. Sous la Balance, on trouve un homme qui tient une balance ; cette conſtellation, comme celle de la Vierge, eſt préciſément à la place qu'elle avoit au tems d'Hypparque, tandis que le Taureau eſt moins avancé de trente degrés. Au lieu du Scorpion, on trouve encore un Taureau. Sous le Sagittaire on trouve une Chevre, & ſi c'eſt le Capricorne, il n'eſt pas à ſa place, comme la Vierge & la Balance ; il eſt moins avancé d'un ſigne, comme le Taureau. Ainſi il y a des choſes qui peignent l'état du ciel deux mille cinq cens ans avant notre ère, & d'autres choſes qui appartiendroient au quatrieme ſiecle avant la même époque. Sous le Sagittaire finit la conſtellation du Lion, avec une étendue de plus de quatre-vingt-dix degrés. Cette étrange conſtellation paſſoit par-deſſus toutes celles que nous venons de décrire : c'eſt-à-dire, la Balance, le ſecond Taureau & la Chevre ; toutes ces conſtellations ne pouvoient pas être à la fois dans le zodiaque, & ſi elles ſe levoient enſemble, quelques-unes devoient être extra-zodiacales. Sous le Capricorne on trouve un Poiſſon, comme dans le zodiaque indien de M. le Gentil. Le ſigne caractériſtique de l'aſcenſion du Soleil, le Capricorne manque ici au ſolſtice d'hiver, comme l'Ecreviſſe au ſolſtice d'été. Nous propoſerons même à cet égard une conjecture ; nous avons donné dans l'Hiſtoire de l'Aſtronomie la gravure d'un zodiaque indien, où le Capricorne eſt repréſenté par une Chevre avec un Poiſſon. Dans celui

celui que nous examinons maintenant, on voit un Poiſſon au ſolſtice, & auparavant une Chevre moins avancée de trente degrés; ne pourroit-on pas dire que lorſque la Chevre, par le mouvement des étoiles, a pris la place du Poiſſon, on a uni enſemble le ſymbole paſſé au ſymbole préſent du ſolſtice, & la Chevre a été jointe au Poiſſon. Enfin ſous les Poiſſons, on trouve un fleuve, qui peut repréſenter le Verſeau, & un autre Poiſſon; ce qui pourroit encore faire naître une conjecture ſemblable. On diroit que le Verſeau a été placé au même lieu que les poiſſons, lorſque la première de ces conſtellations a pris la place de la ſeconde. Nous avons donc reconnu ici, ou par leurs places, ou par leurs reſſemblances, neuf de nos ſignes, le Taureau, les Gémeaux, les deux Anes de l'Ecreviſſe, la Vierge, le Lion, la Balance, la Chevre ou le Capricorne, le Verſeau, les Poiſſons; mais le Bélier, le Scorpion & le Sagittaire ne s'y trouvent pas.

Si nous comparons ces deux ſphères entr'elles, & avec la nôtre, nous pouvons y reconnoître le progrès des choſes; on voit, ce ſemble, les inſtitutions ſe ſuccéder & ſe perfectionner. La ſphère indienne paroît la plus antique; les figures n'y ont point de nom. Si elles ſont deſtinées à ſignifier quelque choſe, les ſignifications ſont multipliées, & toujours un peu vagues, comme elles doivent être dans les premiers commencemens. Il faut avoir beaucoup obſervé pour connoître les limitations, pour ſaiſir les nuances diſtinctives; c'eſt l'expérience qui donne la préciſion du langage & du ſtyle. Cette ſphère n'eſt pourtant pas la première, ce n'eſt point la ſphère des paſteurs; elle ne contiendroit que des noms d'animaux. Les douze animaux de la période de douze ans pourroient être ce zodiaque primitif.

Les Japonois, qui tiennent tout de la Chine antique,

déſignent les douze ſignes par les noms de ces animaux (*a*). Si c'eſt un uſage ancien de la Chine, il peut remonter bien près de la ſource des choſes; on voit d'ailleurs que nous ne ſuppoſons qu'un uſage établi. Cette période eſt celle de la révolution de Jupiter. Il reſte une année dans chaque conſtellation; les noms de ces conſtellations ont pu paſſer aux douze années, ou les noms des années aux conſtellations. Une preuve encore de cette poſſibilité, c'eſt que les figures de ces douze animaux ſont aſſociées aux figures connues des douze ſignes dans un planiſphère trouvé à Rome (*b*). Il eſt donc très-poſſible que ces douze animaux ſoient le zodiaque primitif des bergers. La ſphère indienne eſt déjà celle des peuples agriculteurs : le labourage y eſt préciſément indiqué ; la Vierge moiſſonneuſe peut y être également ſuppoſée. Le labourage s'y fait au printems, lorſque le ſoleil paſſe dans l'hémiſphère du nord : c'eſt le tems où on laboure ſous la latitude de cinquante à ſoixante degrés; & la récolte a lieu trois mois & demi après les ſemailles, comme dans ces contrées ſeptentrionales. La balance eſt dans cette ſphère, mais avec une ſignification incertaine.

La ſphère perſienne a un air encore moins antique ; elle eſt moins reculée dans les tems & ſe rapproche de la nôtre par plus de reſſemblances. On y trouve, à peu-près neuf de nos conſtellations zodiacales; on apperçoit les ſources où ont dû puiſer ceux qui ont ordonné le zodiaque comme il eſt aujourd'hui. Mais on ne ſauroit diſconvenir qu'il n'y ait dans cette ſphère perſienne une très-grande confuſion. Il eſt des conſtellations d'une grandeur démeſurée, telles que le

(*a*) Hiſt. gén. des voy. *in*-12, T. XL, p. 115. Hiſt. Aſtron. anc. p. 493.

(*b*) Hiſtoire de l'Aſtronomie ancienne, p. 504.

Lion, qui embrasse près de quatre-vingt-dix degrés, & qui, s'il existoit alors dans le zodiaque avec les autres constellations, auroit enjambé par-dessus elles. Il y a défaut d'époque dans leur disposition : les unes sont placées comme elles devoient être trois à quatre cens ans avant notre ère, au tems de la fondation de l'École d'Alexandrie; les autres, comme elles, l'ont été à une époque plus éloignée de deux mille ans. Il y a transposition dans ces constellations; le Lion est placé après la Vierge. Cette transposition du Lion & de la Vierge, que nous montre le planisphère persien, est encore indiquée par un autre fait. Une tradition rapporte qu'Hermès dix-neuf cent quatre-vingt-cinq ans avant Ptolémée, dix-huit cent quarante-six ans avant notre ère, trouva l'étoile qui est appelée le Cœur de l'Hydre au septieme degré du Lion. Au tems d'Hypparque, les étoiles étoient plus avancées de vingt-trois degrés; celle-ci lui parut placée au premier degré du Lion (*a*). C'est une preuve que le Lion avoit été substitué à la Vierge. Lorsqu'on eût échangé les places, l'étoile se retrouva encore dans la constellation du Lion, quoiqu'elle eût avancé de vingt-trois degrés, & qu'elle eût dû atteindre le premier degré de la Vierge. Les constellations ont donc souffert des transformations considérables, les unes parce que les noms & les places ont été transposés; les autres parce que les grouppes d'étoiles ont été autrement arrangés. En voici un exemple remarquable : Hercule est une de nos constellations; nous avons dit que chez les persans elle est appelée l'*Agenouillé*, & que ce nom *ingeniculatus*, est encore un de ceux qu'elle conserve aujourd'hui. Cette constellation se trouve

---

(*a*) *August. Riccius. Tract. de octavâ spherâ, pag.* 23.

effectivement dans la ſphère perſienne ; mais elle y eſt rapportée aux Poiſſons. Hercule en eſt très-éloigné ; il eſt déjà au milieu du ciel, lorſque les Poiſſons ſe levent. Il eſt donc évident que la conſtellation que nous nommons Hercule, n'eſt pas le même aſſemblage d'étoiles que les Perſans nommoient l'Agenouillé.

Sans doute ces trois ſphères ſuffiſent pour nous montrer le chemin que les anciens ont ſuivi. On retrouve la ſucceſſion des choſes & des idées : ces ſphères ont une filiation marquée ; il ſemble qu'on les voye naître les unes des autres. Mais il eſt impoſſible de tirer de leur diſpoſition, & du lieu comme de l'arrangement des conſtellations, aucune concluſion certaine. On peut appercevoir que tout a été confondu & rétabli, refait pluſieurs fois : les ſciences n'ont rien à tirer de ce déſordre ; s'il peut permettre quelques conjectures, il faut que ces conjectures ſoient appuyées par des faits évidens. Mais, ce qui eſt très-remarquable, c'eſt que ces deux ſphères n'offrent point les ſignes caractériſtiques du mouvement du Soleil. La Balance n'y paroît qu'avec une ſignification équivoque ; la Chevre s'y rencontre, elle peut être placée, comme elle a dû l'être, pour marquer le ſolſtice d'hiver deux mille cinq cens ans avant notre ère : mais l'Ecreviſſe n'y eſt pas ; l'Ecreviſſe, qui par ſa marche rétrograde eſt le ſymbole le plus expreſſif du ſolſtice. L'Ane boréal & l'Âne auſtral la repréſentent comme conſtellation, & non comme ſymbole. L'écreviſſe, par ſon abſence, démontre que les deux autres conſtellations n'étoient point relatives au mouvement du Soleil. Car il eſt évident que dès qu'on a voulu peindre ce mouvement, les trois caractères ont dû être placés à la fois ; & quand on accorderoit que ces caractères ont été placés ſucceſſivement, on donneroit une preuve de

plus que les conſtellations du zodiaque ſont un ouvrage achevé à pluſieurs repriſes, & il n'y auroit plus de rapport certain entre les conſtellations & la marche du Soleil.

Dans nos conjectures ſur l'antiquité de la diviſion du zodiaque, nous n'avons donc point eu égard aux ſignes caractériſtiques du mouvement du ſoleil, parce que leur ſignification nous a paru trop douteuſe, & le tems de leur inſtitution, ou du moins de leur application aux conſtellations, trop incertain; cependant ces ſignes eux-mêmes ſont très-anciens. Nos doutes, nos réflexions & les faits antiques nous ont fourni la ſolution de cette difficulté.

Quand les ſavans Miſſionnaires nous ont communiqué des détails ſur le zodiaque chinois, ils ont décrit les vingt huit conſtellations qui le diviſent; ils ont marqué l'étendue de ces conſtellations, & les principales étoiles qui y ſont compriſes. M. le Gentil nous a rapporté la deſcription du zodiaque indien; il a également donné les configurations & les noms des étoiles qui forment les vingt-ſept conſtellations. Mais ces conſtellations, qui partagent le zodiaque, ne ſont point attachées aux points équinoxiaux. Cette diviſion, comme celle des Chinois, appartient uniquement à la lune, à ſon mouvement journalier; il y a une conſtellation pour chaque jour de cette planete, &, comme le diſent les Chinois, ce ſont les maiſons qu'elle parcourt dans ſon voyage autour de la terre. Il eſt évident que cette diviſion n'a aucun rapport avec le cours du ſoleil, ni avec les quatre termes de ſon mouvement. Les Chinois & les Indiens ont, comme nous, les douze ſignes qui ſont relatifs à ce mouvement; ces ſignes portent à peu-près les mêmes noms, du moins dans l'Inde. Pourquoi le P. Gaubil & les autres Miſſionnaires, pourquoi M. le Gentil ne nous ont-ils point parlé des douze conſtella-

tions qui répondent à ces douze signes ? Pourquoi ne nous ont-ils pas donné les configurations des étoiles qui y sont attachées ? C'est qu'il n'y a réellement ni étoiles, ni constellations dans ce zodiaque solaire. Les douze signes ne sont chez les Indiens, les Siamois & les Chinois, que ce qu'ils sont aujourd'hui chez nous, les divisions de l'écliptique, les douziemes parties de la course solaire.

On voit que les Chinois, dès l'année cent quatre avant notre ère, & l'année cent trois après, avoient déjà mesuré avec des instrumens de cuivre l'étendue des vingt-huit constellations (*a*). Lorsqu'on parle des globes célestes, on dit que les vingt huit constellations y sont tracées ; on ne parle point des douze (*b*). Quand on détermine les solstices, c'est toujours relativement aux vingt-huit constellations ; on y rapporte également le mouvement du soleil (*c*). Le P. Gaubil donne le calcul d'onze éclipses où le lieu de cet astre est marqué par ces constellations (*d*) : les *Tse*, ou les signes de l'écliptique sont désignés par celles de ces constellations qui s'y rencontrent (*e*) ; ce sont les constellations qui marquent le commencement de ces signes (*f*). Ils sont partagés chacun en deux parties nommées Tsieki, formant en tout vingt-quatre, tous égaux ; les signes de trente degrés, les Tsieki de quinze. Les équinoxes & les solstices sont toujours au commencement de ces divisions ; & le P. Gaubil dit en propres termes : *les Tsieki sont considérés, ou comme des divisions en tems de l'année solaire, ou comme des divisions en degrés & en partie de degrés du*

(*a*) Recueil des observations faites aux Indes & à la Chine par le P. Souciet, T. II, p. 5, 24, 61 ; & T. III, p. 104, 106, 108.

(*b*) *Ibid.* Tome II, p. 42.

(*c*) *Ibid.* p. 7, 20, 45, 46, 47, 48, 52, 53, 99.

(*d*) *Ibid.* p. 66.

(*e*) *Ibid.* Tom. III, p. 26, 27.

(*f*) *Ibid.* p. 31 & 102.

cercle annuel, que décrit le soleil par son mouvement apparent d'occident en orient (*a*). Ce sont donc les divisions, les signes de l'écliptique, qui n'ont aucun rapport au ciel étoilé, & dont le lieu & le commencement sont au contraire exactement fixés dans le zodiaque, & désignés par les étoiles des vingt-huit constellations.

Les Indiens, quand ils calculent le lieu du soleil, de la lune & des planetes, le donnent toujours, dans leur zodiaque mobile, partagé en vingt-sept constellations. Quand ils ont besoin de rapporter ce lieu à l'équinoxe, ils y reviennent par le mouvement connu des étoiles, & par la position de l'équinoxe déterminée dans les vingt-sept constellations au tems de l'époque. Dans les calculs des Brames, que donne M. le Gentil, dans ceux des Siamois, expliqués par Dominique Cassini, on voit qu'un signe répond toujours exactement à trente degrés. C'est une mesure astronomique, & rien de plus; des constellations, assujetties à des étoiles inégalement espacées, n'auroient point cette étendue régulière (*b*). Tous ces peuples, Chinois, Indiens & Siamois, ont donc un zodiaque mobile & sensible, orné de constellations & désigné par des étoiles; & un zodiaque fixe & rationnel, où s'accomplit la révolution du soleil, où se trouvent les caractères de son mouvement, & les signes de la Balance, de l'Ecrevisse & du Capricorne, convenablement placés à l'équinoxe d'automne & aux deux solstices. Le commencement de l'année, le soleil rétrogradent sans cesse dans le zodiaque étoilé, & parmi les

(*a*) Recueil des observations faites aux Indes & à la Chine par le P. Souciet, T. III, p. 94.

(*b*) On a vu plus haut dans les constellations d'Hypparque & de Ptolémée, que le Lion & la Vierge ont chacun plus de quarante degrés, le Taureau trente-sept, les poissons trente-huit, tandis que le Bélier n'en a que douze, l'Ecrevisse onze, & les Gémeaux sept.

vingt-ſept conſtellations ; mais le ſoleil y tranſporte avec lui l'origine des douze diviſions de ſon écliptique, parce qu'elles appartiennent à l'année & à la révolution ſolaire, & qu'elles n'ont aucun rapport à ces étoiles. Et ce n'eſt pas une conjecture que nous formons ici ; c'eſt un uſage encore établi chez ces peuples ; un uſage conſervé chez eux de la plus haute antiquité ; c'eſt un fait de leur ſcience aſtronomique, d'où on peut tirer des concluſions exactes.

M. le Gentil a remarqué avec raiſon que la diviſion du zodiaque la plus facile, la plus naturelle, & par conſéquent la première, a dû être celle en vingt - ſept conſtellations. On voit dans de belles nuits conſécutives la lune parcourir le zodiaque & le partager par les eſpaces de ſon mouvement diurne ; on remarque chaque jour les étoiles auxquelles la lune répond. En même tems que le zodiaque eſt diviſé en vingt-ſept ou vingt-huit parties, les étoiles, qui marquent ces différentes parties & qui en font des conſtellations, ſont reconnues & diſtinguées. Voilà la véritable diviſion du zodiaque étoilé ; voilà les premiers pas de l'Aſtronomie, que nous avons trouvés chez tous les anciens peuples : la révolution ſidérale de la lune pour meſure primitive du tems ; la diviſion du zodiaque, en raiſon du mouvement de cette planete. On a placé l'origine de ſon mouvement, & on a tout rapporté au commencement de ce zodiaque. Le cours du ſoleil, connu plus tard, a été étudié ſéparément. On a ſuivi d'abord les circirconſtances de ſon mouvement à l'égard de l'équateur ; on a partagé ce mouvement en quatre intervalles, par les ſolſtices & par les équinoxes ; enſuite en douze, par une ſubdiviſion. Mais ces diviſions ne ſont que des portions d'années ; on n'y a point attaché d'étoiles, parce que les étoiles étoient déjà claſſées, & la bande du zodiaque partagée en conſtellations.

Ces

Ces divisions égales & purement solaires, ont reçu des noms relatifs aux travaux rustiques de l'année, aux intempéries des saisons; on a mis à contribution les sphères décrites par les premiers peuples, chasseurs, pasteurs ou agriculteurs. On a pris le Bélier, le Taureau & les Gémeaux pour le printems, parce que c'est la saison des troupeaux; le Lion, pour exprimer la force du Soleil d'été; la Vierge, pour marquer la moisson; le Scorpion, les maladies d'Automne; le Sagittaire, la chasse; le Verseau les pluies; les Poissons, la pêche. On ne peut dire que des choses vagues & incertaines sur ces dénominations antiques, dont les motifs sont cachés sous le voile du tems. Mais quel que soit le peuple auteur de ces institutions, c'est à cette époque, & à la suite de la considération du mouvement du soleil qu'on en a attaché les caractères aux divisions du cercle écliptique. On a mis l'Ecrevisse au solstice d'été, le Capricorne au solstice d'hiver, & la Balance à l'équinoxe d'automne. C'est alors que ces caractères ont eu une signification précise & à l'abri de toute équivoque. Il n'est plus question de savoir si dans le ciel, si dans les planisphères, la Chevre ou le Capricorne sont considérés comme faisant partie du bétail & des richesses de l'âge d'or, si la Balance appartient au commerce, à la justice ou à l'égalité des jours & des nuits. Il n'y a plus ici de planisphère : on fait abstraction du ciel étoilé; on ne considere que le soleil & son écliptique. C'est son mouvement que l'on caractérise; ce sont ses influences que l'on peint. Les signes sont expliqués par leur institution, & des idées claires dérivent d'un motif unique.

Quand on a voulu prendre la révolution solaire comme une mesure du tems, plus longue & plus commode que la révolution de la lune, on en a placé le commencement à la

première des vingt-ſept conſtellations, à l'origine du zodiaque étoilé déjà diviſé. De là la néceſſité d'employer une année ſidérale, comme font les Indiens. On a eu une raiſon de plus, lorſque l'inégalité du ſoleil a été connue ; cette inégalité eſt la plus remarquable dans l'apogée & dans le périgée, où cet aſtre ſe meut avec la plus petite & la plus grande vîteſſe. On ſait que ces points ont un mouvement progreſſif dans le ciel. Les Indiens ne paroiſſent pas avoir connu ce mouvement, ou du moins ils n'en ont pas tenu compte ; & ils n'en avoient pas beſoin. L'apogée du ſoleil, dans ſon mouvement, ne précede pas beaucoup celui des étoiles. En étudiant les inégalités de cet aſtre, les Indiens ont reconnu qu'elles arrivoient toujours dans les mêmes points du zodiaque étoilé ; ils ont donc attaché ces inégalités aux étoiles ; & la révolution ſolaire, qui ramene ces inégalités, a dû être ſidérale. On voit en effet que ſi l'année des Indiens commence à l'entrée du ſoleil dans le zodiaque étoilé & mobile, chaque mois eſt réglé dans ſa longueur par la vîteſſe du ſoleil ; le plus long, celui où cet aſtre ſe meut le plus lentement, eſt toujours le troiſieme ; le plus court, celui où cet aſtre ſe meut le plus rapidement, eſt toujours le neuvieme.

Ces ſignes, tous égaux, mais qui parcourus avec différentes vîteſſes, font douze mois inégaux, diviſent chez les Indiens la révolution du ſoleil relative à l'apogée, plutôt que ſa révolution relative à l'équinoxe. Si les ſignes caractériſtiques qui appartiennent à cette derniere, ont été tranſportés à la premiere, c'eſt préciſément parce que n'étant eſſentiellement que les douziemes parties de la courſe du ſoleil, ils appartiennent également à toutes ſes révolutions. On s'eſt écarté en cela des motifs qui avoient déterminé leurs noms. Mais les Indiens ont eu l'intention de ramener ces ſignes & tous leurs

calculs à l'équinoxe ; car en choisissant pour époque vraie le commencement de l'année trois mille cent deux avant notre ère, où le soleil & la lune se sont trouvés ensemble au premier point du zodiaque mobile, ils disent que vingt mille quatre cens ans avant cette époque de l'an trois mille cent deux, tous les Astres étoient en conjonction dans ce premier point. Cette époque éloignée est fictive ; mais pourquoi l'ont-ils choisie ? C'est qu'ils ont vu que trois mille six cens ans après leur époque de l'an trois mille cent deux, l'origine de leur zodiaque répondroit à l'équinoxe ; & comme, selon eux, la révolution entière des fixes est de vingt-quatre mille ans, il s'ensuit que vingt mille quatre cens ans avant leur époque vraie, cette origine a dû répondre encore à l'équinoxe. Les mêmes calculs leur ont appris que le soleil & la lune s'y retrouveroient en même tems ; & c'est de là qu'ils partent pour supputer les mouvemens de ces deux astres. Tous les vingt-quatre mille ans, les révolutions sidérales & anomalistiques du soleil, qui, selon eux sont égales, doivent recommencer avec la révolution tropique.

Il est donc évident que les douze signes appartiennent à l'écliptique plutôt qu'au zodiaque, ce sont des nombres, des fractions de la révolution solaire. Les Indiens les additionnent, les multiplient, comme nous le faisons aujourd'hui dans nos opérations arithmétiques. Ces nombres n'ont rien de commun avec le ciel étoilé ; le zodiaque considéré relativement aux étoiles qui s'y rencontrent, est partagé en vingt-sept ou vingt-huit constellations, & non en douze. Personne que nous sachions, dans les relations de l'Inde & de la Chine, n'a parlé de ces constellations prétendues ; on peut donc croire qu'elles n'y ont jamais existé. Alors les signes de l'écliptique n'étant plus que des nombres dépouillés de toute relation

avec les étoiles, on ne peut en tirer de conséquences en faveur d'une antiquité prodigieuse de la division du zodiaque; celle qui résulte des époques indiennes & de l'Astronomie chinoise, est déjà bien assez grande. On doit dire encore qu'il faudroit des raisons très-fortes, & sans doute des démonstrations, pour remonter si haut dans les tems, pour placer si loin l'origine d'une multitude de fables & d'allégories, conservées entières & fidellement transmises. Les institutions les plus utiles se détruisent par la durée; toute existence est bornée sur la terre. La tradition même ne doit-elle pas s'altérer, s'éteindre, mourir comme les hommes & finir comme les empires.

Mais si la division en vingt-sept ou vingt-huit constellations, est la division primitive, si les douze signes ne sont point des constellations, & n'offrent qu'une mesure astronomique, nous possédons cependant aujourd'hui une division du zodiaque en douze constellations, que nous n'avons point inventée; nous la trouvons à Alexandrie, du tems d'Hypparque & de Ptolémée; nous la retrouvons même antérieurement chez les Grecs, au tems d'Eudoxe & de leurs premiers Astronômes. Voilà la trace que nous devons suivre pour en reconnoître les inventeurs; ici nous ne pouvons proposer que des conjectures. Une remarque bien fondée peut seulement nous guider; c'est que tous les peuples, qui, comme les Indiens & les Chinois, ont eu la division du zodiaque en vingt-sept ou vingt-huit constellations, ne doivent point en connoître d'autres. A quoi serviroient ces deux suites de constellations différentes pour diviser un même espace? Ce seroit une superfluité & une source de confusion. On s'est proposé d'établir dans le ciel des points de reconnoissance, pour y rapporter le cours des astres; la première nomenclature imaginée a

rendu la seconde inutile. Cette remarque exclut les Chinois, les Indiens, les Siamois, les Perses qui tous ont partagé le zodiaque en vingt-sept ou vingt-huit constellations. Elle exclut également les Egyptiens, qui ont dû avoir cette même division, puisque les Coptes, leurs succcesseurs, l'ont conservée.

Cela posé, la division en douze constellations, qui se trouve dans la sphère décrite par Eudoxe, doit avoir été apportée d'Asie. Cette sphère fut sans doute adoptée & chantée par Orphée treize ou quatorze cens ans avant notre ère; elle est antérieure d'un siecle au voyage des Argonautes, & elle est un des fruits de cette expédition. C'est de cette même sphère qu'Hypparque & Ptolémée ont fait usage, eux qui n'ont rien emprunté des Egyptiens, eux dont toute l'Astronomie est fondée sur les observations chaldéennes. Il y a lieu de croire que ces connoissances semblables des Grecs d'Europe & des Grecs d'Egypte, leur venoient de la même source. Or les Chaldéens sont le seul peuple savant de l'antiquité, qui ne semble pas avoir connu la division en vingt-sept constellations. Il est donc naturel que ce peuple, soigneux observateur des astres, s'en soit fait une; & comme il se régloit sur des années comptées de l'équinoxe, il a partagé le zodiaque relativement au soleil; il a adopté les douze divisions de son mouvement, divisions déjà connues & répandues dans l'Asie. Il lui a suffi d'y attacher des étoiles, pour en faire des constellations. Les points cardinaux ont dû être placés au commencement des signes; & comme l'an quatorze cent quarante-sept avant notre ère, ces points étoient au quinzieme dégré du Bélier, de l'Ecreviſſe, de la Balance & du Capricorne, il s'ensuit que lors de cette institution, les équinoxes & les solstices ont dû être placés à la fin de ces constellations,

ou au premier degré du Taureau, du Lion, du Scorpion & du Verseau. Cette institution dateroit donc de l'an deux mille cinq cent dix-huit avant J. C. Il ne paroît pas que l'on puisse la placer plus loin, parce que les points cardinaux ont dû se trouver, au moins, à la fin des constellations qui les caractérisent; ou si on découvroit des faits qui reculassent cette institution, il faudroit abandonner la coincidence, dont nous venons de parler, croire qu'on n'y a point pensé en nommant les constellations, & dire qu'elle s'est rencontrée par hasard, depuis l'an deux mille cinq cent dix-huit jusqu'à l'an trois cent soixante-treize avant notre ère.

D'autres conjectures nous conduisent chez les Chaldéens, pour y trouver cette origine. Nous voyons que la sphère indienne offre déjà trois ou quatre de nos constellations; l'époque de cette sphère doit être beaucoup plus ancienne que l'époque vraie des Indiens de l'an trois mille cent deux, & le partage en vingt-sept constellations, qui y est attaché. Nous voyons que la sphère persienne, qui peut remonter au tems de Diemschid, à l'année trois mille deux cens, époque de l'intercalation des Perses, contient huit à neuf de nos constellations; c'est un progrès. Les faits suivent une espece de chronologie, en supposant que les Chaldéens ont fait douze constellations zodiacales l'an deux mille cinq cent dix-huit: d'ailleurs Callisthenes nous a appris que les observations chaldéennes remontoient à l'an deux mille deux cent trente-quatre; il est naturel que chez ce peuple la division du zodiaque ait précédé de plusieurs siecles les observations suivies dans un observatoire fixe.

On peut présumer que les Chaldéens, en faisant cet arrangement, en donnant des étoiles aux douze signes de l'écliptique, qui auparavant n'étoient que des divisions & des

nombres, ont choisi dans la sphère persienne les constellations qui se trouvoient aux environs de l'écliptique & dans la bande du zodiaque. Ils y ont trouvé le Taureau, les deux Anes, la Vierge, le Lion, la Balance, un second Taureau, la Chevre, le Fleuve, le Poisson. Ces constellations les plus anciennes sont celles qui dans le zodiaque de Ptolémée, ont plus d'étendue; quatre d'entr'elles ont chacune près de quarante degrés: elles n'étoient que neuf dans l'intervalle où il y en a douze; elles pouvoient occuper plus d'espace. Les trois nouvelles constellations, le Bélier, les Gémeaux, l'Ecrevisse sont petites. On a resserré les Poissons, pour placer le Bélier; on a partagé la constellation des deux Anes, pour faire les Gémeaux & l'Ecrevisse. Le Sagittaire a été mis à la place du second Taureau; la trace de cette substitution est conservée dans les noms différens que porte encore le Sagittaire. On y retrouve celui du Taureau (*a*). Enfin on a donné au Scorpion la place de la Balance.

Il n'est pas inutile d'observer ici que, suivant Aratus, il y avoit dans ce zodiaque seulement onze constellations. Le Scorpion occupoit par ses serres l'espace occupé aujourd'hui par la Balance. Ce qui pourroit faire présumer que les Chaldéens, dans cette répartition des étoiles, n'ont pas eu tant d'égards qu'on pourroit le penser, à faire accorder les constellations avec les douze signes; & que chez eux-mêmes la division de l'écliptique en douze parties étoit mathématique & abstraite, comme chez les autres peuples de l'Asie. C'est dans le tems de cette répartition nouvelle qu'on a transposé le Lion & la Vierge, parce que dans le zodiaque solaire de l'Asie, la Vierge

(*a*) M. de la Lande, Astronomie, Tome I, p. 256.

étoit, non le premier, mais le second signe après l'Ecrevisse & le solstice.

Cependant ce changement, le nombre même d'onze constellations prouvent que les Chaldéens ont voulu établir quelque conformité entre leurs nouveaux astérismes & les signes anciennement établis. Ils auroient pu admettre un plus grand nombre de constellations, ou se borner aux neuf déjà dessinées dans la sphère persienne. Il est donc naturel d'en conclure qu'ils ont eu soin de placer les équinoxes & les solstices au commencement des constellations. Lorsque les Grecs ont emprunté cette sphère, douze ou treize siecles avant notre ère, les points équinoxiaux & solsticiaux répondoient aux quinziemes degrés : enfin lorsqu'Hypparque a renouvelé l'Astronomie, il a observé ces points aux premiers degrés des constellations du Bélier, de l'Ecrevisse, de la Balance & du Capricorne; & comme il a enseigné dans le même tems que les étoiles s'éloignoient sans cesse de ces points, & s'avançoient constamment le long de l'écliptique, on a laissé depuis lui ces constellations suivre leur marche progressive, & on a conservé leurs noms aux places où elles étoient il y a deux mille ans. Les douze signes reculent à travers les étoiles avec l'équinoxe, avec le commencement de l'année : ces signes ne sont plus que les divisions égales de l'écliptique; & en séparant ainsi les signes des constellations, nous suivons aujourd'hui un usage antique, qui, si l'on en excepte les Chaldéens, a été général parmi tous les anciens peuples de l'Asie.

Nous ne connoissons point de faits dans l'antiquité, qui contredisent ce que nous établissons ici. Les douze signes n'ont été alors, comme ils le sont aujourdhui, qu'une division de la révolution solaire; ils n'ont été jamais rapportés aux étoiles par les Nations de l'Asie. Ce sont les seuls Chaldéens, qui plus tard

tard ont attaché des constellations à ces signes ; du moins suivant une conjecture que la vraisemblance autorise. Mais quel que soit le peuple auteur de cette institution, que ce soient les Chaldéens, les Grecs ou les Egyptiens mêmes, la date de l'an deux mille cinq cent dix-huit ans avant notre ére, paroît la plus ancienne que l'on puisse assigner au partage des étoiles zodiacales en onze ou douze constellations. Les Chinois & les Indiens ont eu long-tems auparavant la division en douze signes : mais ce sont des signes abstraits, des portions égales du cercle, sans nul rapport avec le ciel étoilé ; & on n'en peut rien conclure, ni sur l'époque de cette division, ni sur le peuple qui l'a exécutée.

Si nous avons discuté les principes, qui servent de base aux recherches de M. Dupuis, c'est par un sentiment d'estime pour son travail ; c'est parce que ses principes tiennent aux questions intéressantes de la division du zodiaque & de l'antiquité de l'Astronomie. Nous avons cru qu'il seroit utile & à la science, & à M. Dupuis même, d'exposer dans cette histoire les doutes & les réflexions que nous a fait naître la lecture de son ouvrage. L'idée de puiser, dans les levers & dans les couchers successifs des étoiles, le sens allégorique des fables, & la succession des Héros de la Mythologie, est une idée très-ingénieuse ; mais comme les étoiles conservent toujours les mêmes distances & les mêmes relations entr'elles, comme ces levers & ces couchers se succedent dans un ordre à peu-près semblable, il ne paroît pas que ces explications puissent être uniquement liées & à une époque, & à un climat. On peut, sans doute, en transporter un grand nombre, & pour le tems & pour le lieu : & si une partie de ces explications ne pouvoit pas subsister, on en tireroit une conclusion que nous croyons très-vraie, c'est que toutes les fables n'ont pas la même

origine. Elles doivent être l'ouvrage des siecles, le produit de la folie ou de la sagesse des hommes, qui sur la terre & dans ces siecles ont changé bien des fois de climats, d'habitudes & d'idées. Les fables sont nées dans la marche de la tradition ; on doit donc y retrouver ce qui a été confié à la tradition, & tout ce que traîne après soi ce fleuve grossi de tant de sources différentes.





HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS VI.

Résumé général.

QUAND on a fait une longue route, comme celle que nous avons parcourue depuis l'origine présumée de l'Astronomie jusqu'à nos jours, il est naturel de regarder derrière soi, pour se rendre compte des pas qu'on a faits ; & de s'arrêter à la hauteur des siecles accumulés les uns sur les autres, pour embrasser l'ensemble des choses dont on a vu les détails. Il est encore dans la nature de l'homme, impatient & curieux de l'avenir, de porter sa vue sur la route qui lui reste à faire, de comparer l'estime de ses moyens avec celle des obstacles, de savoir si sa grandeur peut s'accroître, & si sa force limitée suffit à de nouveaux succès. Nous avons deux objets à considérer ; ce que nous avons fait, ce que nous pouvons faire. Notre coup d'œil doit suivre la durée, & se partager comme

le tems qui a ſeulement deux diviſions réelles, le paſſé & l'avenir, puiſque le préſent n'eſt que la limite des deux autres.

PREMIERE PARTIE.

Des Progrès que l'Aſtronomie a faits.

L'Astronomie a une origine auſſi obſcure que reculée ; on ne peut dire préciſément ni dans quel lieu, ni dans quel ſiecle elle eſt née. Les probabilités les plus fortes nous ont fait avancer qu'il y avoit eu jadis une Aſtronomie, qui fut perfectionnée, puis détruite & oubliée. Cette ſcience a exiſté antérieurement aux Nations connues de l'Aſie ; elle nous a paru l'ouvrage d'un peuple placé dans cette partie du monde, à la hauteur de quarante-neuf ou cinquante degrés. Ce peuple a vécu ſans doute aſſez long-tems ſur la terre pour acquérir des connoiſſances qui ont droit à notre admiration. Nous ne lui accordons que celles qu'on ne peut lui refuſer. Avec le gnomon, le premier & le plus ſimple de tous les inſtrumens, avec des clepſidres pour compter le tems, des cercles d'airain pour meſurer l'eſpace, cette Aſtronomie a atteint un certain degré de préciſion. Le mois de la lune, l'année du ſoleil furent exactement déterminés. Les révolutions de ces deux aſtres ont été combinées dans une période de deux cent vingt-trois mois, qui ſuppoſe la connoiſſance de l'inégalité de la lune, & celle des mouvemens de ſon nœud & de ſon apogée ; dans une période de dix-neuf ans, qui fut depuis le cycle d'or réinventé par Méthon ; dans une période de ſix cens ans, dont l'exactitude a été célébrée par Dominique Caſſini ; enfin le cours des aſtres en a produit une infinité d'autres, telles que celles de douze, de ſoixante & de trois mille ſix cens ans. L'obliquité

de la route du ſoleil a été reconnue & déterminée ; on a vu que les étoiles s'avançoient le long de l'écliptique. Le ciel a été partagé en conſtellations, le zodiaque diviſé en douze parties égales, ſuivant le cours du ſoleil, & en vingt-huit conſtellations, ſuivant le cours de la lune. Enfin les degrés terreſtres ont été meſurés, & on a ſu en conclure avec préciſion l'étendue entière de la circonférence du globe. On n'a point exécuté tous ces travaux, ſans obſerver beaucoup & long-tems. Deux opinions, qui ſemblent appartenir auſſi à ces tems antiques, doivent être ajoutées à ces déterminations ; ces opinions ſont celles du retour des cometes, & celle du véritable arrangement des corps céleſtes, qui n'ont pu naître que d'une ſaine philoſophie, aidée d'une longue ſuite d'obſervations, & ſur-tout d'une ſcience aſſez vieille pour avoir parcouru les erreurs qu'il eſt néceſſaire d'épuiſer avant d'arriver à la vérité. Voilà la maſſe des connoiſſances anciennes.

Ces connoiſſances ont été démembrées & diſperſées au tems des conquêtes, qui ont bouleverſé la plus ancienne partie du monde ; les individus vaincus & fugitifs, ont emporté dans leur fuite une partie de leurs connoiſſances, avec leurs Dieux & leurs familles. Sans ce démembrement fait au haſard, trouveroit-on à la Chine un ſouvenir de la terre meſurée, ſans aucun réſultat de cette meſure, tandis qu'on trouve à Babylone une meſure exacte de la terre, ſans qu'on ſache ni par qui, ni comment, ni dans quel tems elle a été faite. Les Chaldéens nous ont conſervé la méthode qui ſervit jadis à diviſer le zodiaque ; il en a dû naître vingt-quatre diviſions. Ces vingt-quatre diviſions n'exiſtoient point à Babylone ; c'eſt à la Chine qu'on les retrouve, à la Chine où l'origine en eſt ignorée. Enfin des trois périodes de ſoixante, de ſix cent & de trois mille ſix cens ans, qui ont évidemment des

rapports entr'elles, qui ont dû naître les unes des autres, la première seulement est connue à la Chine, la première & la troisieme aux Indes, les trois ensemble à Babylone. Le démembrement de la science est donc démontré; un long & profond oubli ne tarda pas à le suivre. Les plus précieux restes de cette Astronomie semblent déposés dans les Tables astronomiques des Indiens; c'est ce que nous avons de plus antique sur la terre.

Ces restes de la science, une tradition plus ou moins constante, un souvenir même vague furent encore utiles aux hommes. L'idée d'une science est déjà un pas, le souvenir d'une chose qui a été faite enseigne qu'elle est possible; & le courage multiplie les efforts, lorsqu'il a l'espérance du succès. Au tems de la fondation des nouveaux empires, le souvenir de l'Astronomie fit renaître la science aux deux extrémités de l'Asie, à la Chine & à Babylone. Les Chinois nous ont presque toujours été étrangers, les Chaldéens seuls nous intéressent; le fil alors renoué, n'a plus été interrompu jusqu'à nos jours. Les Chaldéens sont pour nous les vrais restaurateurs de la science; l'habitude d'observer fut transportée chez eux. Les Asiatiques n'ont en général ni dessein, ni méthode; mais enfin ils suivoient la nature, ils pouvoient dire chaque jour ce qu'elle avoit fait. L'abondance des idées & des vues peut quelquefois nuire, en faisant changer trop facilement d'objets: elle égare sur-tout dans les commencemens; il faut voir long-tems avant de savoir chercher. Le génie même de l'Europe n'eût pu mieux faire alors, & la patience des Chaldéens a pendant deux mille années, posé & cimenté la base sur laquelle Hypparque a commencé à bâtir.

Les richesses d'une grande conquête, la puissance des Rois

d'Egypte & le génie de la Grece firent éclorre à Alexandrie une époque plus brillante. Le trésor des observations chaldéennes étoit un des fruits de cette conquête; les Grecs n'y virent que des faits amassés, & des résultats, qui étant plus anciens que ces faits, n'avoient aucune liaison avec eux. On prit les faits, on rejeta les résultats; il fallut tout recommencer. Les Rois donnerent un *Musœum* & des instrumens. Aristille & Tymocharis fonderent l'art d'observer; & pendant qu'Erathostenes déterminoit l'obliquité de l'écliptique, & tentoit de mesurer la terre, Hypparque, homme de génie, apporta la méthode, qui avoit toujours manqué aux Orientaux. Il osa faire le dénombrement des étoiles; il découvrit de nouveau leur mouvement en longitude, & il en trouva la cause dans la rétrogradation de l'équinoxe. Enfin il embrassa tout, & il est le vrai fondateur de la science, puisqu'il en établit les principes; il est le premier qui fut frappé de l'analogie des effets, & qui conçut l'idée d'un corps de doctrine où les vérités seroient liées, comme elles le sont dans la nature. Ptolémée eut ce qu'il falloit de talent pour obéir au génie d'Hypparque; il réunit, completta les connoissances qu'Hypparque avoit commencées. Le projet conçu par l'un, fut exécuté par l'autre; & il en résulta un édifice, qui a fait la surprise & l'instruction de tous les peuples pendant treize siecles. La géométrie des Orientaux avoit été bornée aux figures rectilignes & au cercle. Cette première de toutes les courbes étoit devenue la regle des mouvemens célestes : Hypparque & Ptolémée l'ont adoptée, & ils ne se sont point élevés, comme les antiques habitans de la terre, au vrai systême du monde; ils firent mouvoir le soleil, & la terre resta immobile pour eux, comme pour le vulgaire. Les planetes, dont le mouvement est inégal autour du soleil, offrent des

apparences irrégulières & bizarres dans la ſuppoſition du repos de la terre. Une meſure ſimple, comme le cercle, ne pouvoit ſuffire à la multiplicité de ces apparences vraies ou fauſſes; on entaſſa les cercles, on les fit rouler les uns ſur les autres; la machine céleſte ſe compoſa de plus en plus; on ne vit partout que roues mutuellement engrainées, & chaque planete fut menée par un rouage.

Les Arabes, deſtructeurs d'Alexandrie, s'approprierent ſon Aſtronomie, comme les Grecs avoient conquis celle de Babylone. Cette ſcience fut cultivée avec ardeur dans Bagdat, à cauſe de l'Aſtrologie. La connoiſſance de l'avenir eſt un beſoin dans l'Aſie, où les imaginations ſont échauffées par le ſoleil, & où la raiſon eſt dans la ſervitude. La protection des Califes, les magnifiques inſtrumens qu'ils firent conſtruire, ne ſuppléent point au génie. Les Arabes firent peu de progrès; le mouvement de l'apogée du ſoleil eſt la ſeule vérité qu'ils ayent découverte & placée dans la maſſe de nos connoiſſances. L'Aſtronomie paſſa avec eux dans l'Europe, & elle fut portée partout où les conduiſirent le commerce & la guerre. Les Européens commencerent alors à la cultiver; Waltherus, Regiomontanus, en Allemagne, conſtruiſirent des inſtrumens & renouvelerent les obſervations. A chaque nouveau domicile, la ſcience étoit aſſujettie à un nouvel examen; les connoiſſances tranſmiſes étoient vérifiées : mais à cette époque il ſe fit une grande révolution qui changea tout. Le génie de l'Europe ſe fit connoître & s'annonça dans Copernic. La longue admiration qu'on avoit eue pour Ptolémée, ne lui en impoſa point; il renverſa l'édifice de l'Aſtronôme d'Alexandrie, & renouvelant une ancienne vérité trop long-tems méconnue, il laiſſa les étoiles ſans mouvement dans les eſpaces céleſtes; il fit mouvoir la terre ſur elle-même, pour produire les

les jours & les nuits, & il la fit marcher, ainſi que toutes les planetes, autour du ſoleil, qui reſte ſeul dans un repos convenable à ſa grandeur.

Cependant les rouages ſubſiſterent; une grande roue eût ſuffi pour repréſenter le mouvement ſuppoſé égal des planetes, il falloit de petites roues pour ſatisfaire à leurs inégalités réelles. Malgré cette complication, dont il étoit encore difficile de ſe paſſer, Copernic avoit fait un grand pas vers la vérité. La deſtruction du ſyſtême de Ptolémée étoit un préliminaire indiſpenſable, & cette première révolution devoit précéder toutes les autres. Tycho, qui vint après lui, eſt celui de tous les Aſtronômes modernes, qui a employé le plus d'argent, le plus de ſoins, & le plus de tems à l'obſervation. Il fit avec ſa fortune, & avec les ſecours du Roi de Danemarck, un des plus magnifiques établiſſemens qu'ait eus l'Aſtronomie, & il laiſſa un tréſor d'obſervations à la poſtérité; c'eſt encore àujourd'hui une partie eſſentielle de nos richeſſes. Les obſervations chaldéennes, celles d'Hypparque & de Ptolémée, celles de Tycho, voilà les époques que nous avons dans les tems. Ces obſervations nous y rendent préſens; c'eſt par leur ſecours, c'eſt en les comparant aux nôtres, que nous ſuivons, à travers les ſiecles, la ſucceſſion des mouvemens, & que nous cherchons à nous aſſurer, ou de leur conſtance, ou de leurs variations. Tycho s'attacha particuliérement à la lune: il ajouta deux équations à celles qui avoient été connues de Ptolémée; il vit les nœuds ſe mouvoir, l'orbite s'élever & s'abaiſſer ſur l'écliptique. Malgré ces découvertes, malgré les travaux d'un grand nombre de générations, Chaldéens, Grecs d'Alexandrie, Arabes, Européens, tous n'avoient été encore occupés qu'à recouvrer ce qu'on avoit perdu. Le mal des révolutions politiques eſt long à réparer; les lumières, facilement

détruites, ne se remontrent que lentement ; mais enfin au tems de Tycho, l'esprit humain ayant regagné ce que l'oubli lui avoit enlevé, la nouvelle Astronomie étoit déjà montée au niveau de l'ancienne.

Mais les Européens n'étoient point arrivés là pour y rester. Une routine aveugle & uniforme n'étoit point faite pour eux ; ils sont organisés pour le progrès des sciences C'est une vérité bien connue, que le climat modifie les hommes ; il endort, ou il éveille leur activité. Cette activité nous arrache au présent pour nous jeter dans l'avenir ; sans elle, l'homme ne connoît que la nature qui l'environne, ou même celle qui le touche immédiatement : il demeure à la place que sa naissance lui a marquée ; & le reste de l'univers est nul pour lui. Cette indolence fut toujours le caractère des Orientaux : ils supportent tout, & l'ignorance & la tyrannie ; l'obstacle des difficultés arrête leurs pensées, comme un despote enchaîne leur liberté. S'ils ont cultivé les arts & les sciences, c'étoit pour les premiers besoins ; ils y porterent de l'attention sans vues, & de la suite sans méthode. Les habitans de l'Europe ont reçu un autre caractère : une imagination vive & hardie, qui cherche & saisit les causes, une raison perfectionnée, qui sait les peser, semblent être le privilége particulier & distinctif des Européens. Nés sous un ciel mobile, ils ont cette inquiétude qui a besoin de mouvement, & qui, soit pour le lieu ou pour le tems, fait desirer à l'homme de vivre où il n'est pas. Ce mouvement de l'esprit produit & accélere la succession des pensées ; les hommes voyagent, & ils appliquent & leurs sens & leur intelligence à toutes les choses de la nature. En Asie, rien n'a été fait que par la constance des travaux ; c'est le genre humain agissant en masse, ou à la fois, ou successivement. En Europe le génie a succédé

à la patience pour commander le travail ; les grandes choſes ont été faites par des individus. Un homme a paru dans un ſiecle, & s'eſt rendu le maître des penſées ; il a changé les ſciences, comme les conquérans changent les empires. C'eſt par un tel effort qu'on peut apprécier l'eſprit humain : ce ne ſont point de petites forces réunies pour en produire une grande; c'eſt une puiſſance unique, & celle du génie.

Juſqu'au tems de Tycho, nous ſommes revenus ſur les traces perdues ; nous n'avons peut-être qu'égalé les premiers Aſtronômes (*a*), Kepler a commencé notre ſupériorité. Jamais homme n'avoit encore porté dans les ſciences ni plus d'activité, ni peut-être plus de génie. On voit, en réfléchiſſant ſur ſes travaux, qu'il a dû avoir une multitude d'idées, & cette fécondité même eſt le caractère d'un eſprit ſupérieur. En découvrant la forme elliptique des orbites planétaires, il fit une véritable révolution dans l'Aſtronomie. Cette vérité étoit entiérement neuve ſur la terre ; nous n'en avons trouvé aucune trace dans l'antiquité. Elle fut donc le premier produit du génie moderne ; elle a tout changé, puiſqu'elle a banni le préjugé des mouvemens circulaires ; & en détruiſant cette barrière, elle a ouvert un champ vaſte à des recherches entiérement nouvelles. Ce n'eſt pas tout ; les anciens dans leur indifférence, ne deſiroient rien au-delà de ce qu'ils voyoient, contens d'obſerver les effets, ils ne s'étoient point embarraſſés des cauſes. Kepler ſentit le beſoin de les connoître. On avoit pu croire juſqu'à lui que les aſtres ſe mouvoient chacun à part avec une marche différente, & ſans aucune dépendance ; ces

(*a*) Au tems d'Hovélius même, les meilleures Tables s'écartoient d'une demi-heure ſur l'obſervation des éclipſes. (*Suprà*, T. II, p. 232). Les anciennes Tables indiennes donnent mieux (*Voyage de M. le Gentil*, T. I, p. 299, & *Mém. de l'Acad. Sc.* 1772.

vues bornées ne lui suffisoient pas. Il ne pouvoit s'arrêter & se reposer que sur des vues générales ; il conçut l'unité de la nature, il soupçonna des loix universelles, & il eut le bonheur de les découvrir. Les planetes sont assujetties à parcourir des ellipses autour du soleil, à décrire dans ces ellipses des aires proportionnelles au tems ; & les révolutions de ces planetes sont comme les racines carrées des cubes de leur distance au soleil. Cette législation est une grande & magnifique découverte, un ouvrage alors aussi neuf que depuis il a été utile.

Si Copernic a enseigné que toutes les planetes circulent autour du soleil, Képler a révelé les loix de cette dépendance; il a osé même en chercher le principe dans le soleil. Il a pensé que tout assujettissement est l'effet d'une puissance, & que cette puissance doit résider dans le corps qui semble dominer & se faire obéir. Si les efforts de Képler, pour découvrir la vraie cause, ont été infructueux, il faut lui savoir gré de cette vue philosophique par laquelle il a encore dévancé son siecle.

En même tems le hasard nous a procuré un autre moyen de supériorité sur les anciens. Le télescope découvert, en ouvrant un nouveau ciel, a offert une multitude d'objets à la curiosité humaine, & a donné de l'espace au génie. Galilée a découvert les satellites de Jupiter, l'anneau de Saturne ; Huyghens & Dominique Cassini, les cinq satellites de cette planete. On a vu le Soleil, Jupiter, Mars, Vénus tourner sur eux-mêmes, comme la Terre ; &, suivant la prédiction de Copernic, Vénus & Mercure montrer les mêmes phases que la Lune. On a apperçu l'atmosphère lumineuse du Soleil ; on a mesuré la vîtesse de la lumière. Les Astronômes sembloient transportés dans un nouveau monde ; Galilée, Dominique

Caſſini & leurs contemporains ont fait le dénombrement du ciel. Dans ce ſiecle ſi fertile en découvertes, Galilée avoit obſervé que le pendule oſcille en tems égaux; Huyghens en avoit fait une application heureuſe à la meſure du tems, & les horloges perfectionnées meſurerent les eſpaces céleſtes, comme la durée. Pluſieurs individus dominoient ainſi par le génie, & tout le reſte éprouvoit leur influence. Alors de nouveaux inſtrumens étoient inventés, de nouvelles perfections leur étoient ſans ceſſe ajoutées; les mouvemens céleſtes furent ſuivis dans leurs moindres détails, tout fut meſuré avec une préciſion juſqu'alors inconnue. Cette exactitude eſt encore une ſupériorité moderne, du moins quant aux moyens; car nous tenons de notre habileté ce que les anciens n'obtenoient que de la conſtance & du tems. Dans les quatre-vingt premières années du dernier ſiecle, l'Europe entière étoit en mouvement pour les ſciences; les obſervations étoient multipliées, la terre meſurée; Richer alloit à l'équateur, pour y découvrir la variation de la peſanteur ſur le globe. Mais il ne ſuffiſoit pas que l'eſpece humaine eût porté partout ſes pas & ſes efforts, il falloit que la théorie pût marcher avec l'expérience, afin de diriger ſes recherches, & de comparer ſes réſultats. Deſcartes, en perfectionnant la géométrie, avoit préparé une meſure univerſelle pour tout ce qui eſt ſuſceptible de rapport & de comparaiſon. En uniſſant cette ſcience à l'algebre, il les rendit toutes deux plus vaſtes & plus utiles; & lorſqu'il tenta d'appliquer la méchanique à l'Aſtronomie, de comparer les grands reſſorts de la phyſique céleſte avec ceux que nous avons dans nos mains & ſous nos yeux; s'il ſe trompa, s'il manqua ſon objet, il nous a familiariſés avec une nature, qui ne paroît plus impoſante que parce qu'elle eſt plus loin de nous.

Les hommes, qui viennent les premiers, travaillent pour

ceux qui viennent après eux. Les quarts de cercle, les pendules, les télescopes semblent n'avoir été inventés, les mesures exactes n'ont été faites, Képler n'a pénétré les loix des révolutions célestes, Dominique Cassini n'a fondé une nouvelle & vaste Astronomie, Descartes n'a créé une puissante géométrie que pour fournir les instrumens & les matériaux du grand édifice que devoit élever Newton. La cause inconnue, qui sous nos yeux fait tomber tous les corps, fut pour Neuwton la clef de tous les mystères, & lui indiqua le ressort des mouvemens célestes. Il étendit d'abord cette pesanteur des corps jusqu'à la Lune; il vit que cette planete, sans cesse retirée de sa route rectiligne, tomboit à chaque instant vers la Terre, par les mêmes loix que les corps tombent devant nous à sa surface. Ces corps & la Lune ont donc la même tendance; une tendance semblable fait tomber toutes les planetes vers le soleil. Elle décroît en raison inverse du carré des distances, & il en résulte les trois loix que les phénomènes ont révelées à Képler. Cette tendance naît d'une force qui réside dans le corps central; elle appartient à tous les corps en proportion de leur masse. Saturne, Jupiter, la Terre gouvernent leurs satellites, comme le Soleil régit les planetes, avec cette différence, que le Soleil a une force prépondérante qui assujettit tout; & si elle permet aux cometes de s'éloigner dans les déserts de l'espace, elle existe encore à cette distance immense, pour les contraindre à revenir. Cette force, qui réside dans toute les masses, devoit résider dans chaque molécule de la matière. Newton y vit la raison de la figure applatie de notre globe; il y trouva la cause de la rétrogradation des points équinoxiaux & de l'élévation des marées.

Ainsi Newton a uni inséparablement la géométrie à l'Astronomie; ces deux sciences marchent ensemble, leurs progrès

ſéparés leur ſont mutuellement néceſſaires. La connoiſſance intime des choſes dépend de leur concours ; tantôt l'une les obſerve, & l'autre les explique ; tantôt celle-ci prévient & annonce les phénomènes, celle-là voit & confirme ce que l'autre prédit. Depuis Newton, de grands progrès ont illuſtré les deux ſciences. Bradley a découvert l'aberration des étoiles & la nutation de l'axe de la terre. Le retour des cometes a été conſtaté par l'obſervation. On a déterminé les réfractions & leurs variations ; on a découvert l'inflexion des rayons ſolaires dans la petite atmoſphère de la lune. Toutes les méthodes ont été perfectionnées. On a remédié à la diſperſion des rayons de lumière par les verres achromatiques. Des voyages ont été entrepris au pôle & à l'équateur, pour meſurer la terre ; à l'extrémité de l'Afrique, pour décrire le ciel auſtral, pour déterminer la diſtance de la lune ; enfin dans toutes les parties du monde, pour obſerver deux fois le paſſage de Vénus, & meſurer par la parallaxe la diſtancee du Soleil à la Terre, cette grande baſe de toutes les meſures aſtronomiques.

En même tems la géométrie s'eſt avancée, en perfectionnant les deux calculs inventés par Newton. L'un deſcend dans les détails des choſes, par une marche qui n'eſt jamais arrêtée, qui peut aller auſſi loin que l'imagination & la penſée, c'eſt le calcul différentiel ; celui-là eſt ſorti en entier des mains de Newton. L'autre, le calcul intégral, qui remonte de ces détails & des parties des choſes à leur aſſemblage, eſt borné, comme nous le ſommes, dans la plupart de nos œuvres. Il nous eſt facile de diviſer ; il nous eſt pénible de reconſtruire. La nature ſemble nous avoir ſoumis tous les corps exiſtans du monde créé ; la deſtruction eſt dans nos mains, la récompoſition eſt ſon ſecret : nos efforts

ſont le plus ſouvent infructueux, & nos ſuccès dans ce genre ne ſont que des exceptions. La méthode complette du calcul intégral feroit une révolution dans la géométrie, ſemblable à celle de l'application de l'algebre & à celle de l'invention du calcul différentiel. Au défaut de la méthode générale, on a multiplié les efforts pour obtenir plus d'exceptions; on a employé les circuits pour paſſer à côté des obſtacles, & les approximations pour approcher de ce qu'on ne pouvoit atteindre. Avec ces nouveaux ſecours, trois Géometres, MM. Clairaut, d'Alembert & Euler, qui ont ſuccédé à Newton, ont pu, en ſuivant ſon eſprit, voir mieux & plus loin que lui. Newton n'avoit complettement réſolu que le problême de deux corps, dont l'un reſte en repos, & commande par une maſſe prépondérante; & dont l'autre obéit, en circulant dans une ellipſe. Mais lorſqu'un troiſieme vient par une action nouvelle troubler cette obéiſſance, ce problême de trois corps, qui s'attirent mutuellement, devient très-difficile. Si le génie de Newton lui a révélé les effets les plus ſenſibles de cette complication, ſi ce grand homme a pénétré dans l'intérieur des globes pour connoître l'action particulière de leurs molécules, & les petits mouvemens qui en réſultent, il paroît n'y être parvenu que par des méthodes d'eſtimation, dont il s'eſt réſervé le ſecret. Newton, ſemblable à un conquérant qui ſubjugue un vaſte empire, n'a pu à lui ſeul en ſoumettre toutes les parties; il a impoſé les loix, & il a laiſſé à ſes ſucceſſeurs le ſoin & le mérite de les faire partout reconnoître. MM. Clairaut, d'Alembert & Euler ont en effet réſolu ce grand problême des trois corps, qui eſt applicable à tout, qui eſt la baſe de toutes les recherches de ce genre, & qui fait la gloire & le caractère diſtinctif de notre ſiecle. Ces Géometres ſe ſont enſuite partagé les

recherches

recherches & les routes. M. d'Alembert a complettement résolu le problême de la précession des équinoxes & de la nutation de l'axe de la Terre; M. Euler a expliqué les dérangemens de Jupiter & de Saturne; M. Daniel Bernoully, le phénomène des marées. Enfin M. Clairaut a calculé comment les cometes étoient retardées ou accélérées dans leur route, & il a donné la méthode de prédire leur retour. Depuis ces travaux, M. de la Grange s'est associé à ces célebres Géometres: il est revenu sur plusieurs objets avec des forces neuves; il a déterminé de nouveau les dérangemens de Jupiter & de Saturne, les mouvemens de précession & de nutation des globes; & il a été suivi dans cette carrière par M. de la Place. M. de la Grange a encore traité une partie entiérement nouvelle, c'est la théorie des Satellites de Jupiter; il a porté la loi de Newton dans cet empire particulier, où tout se passe comme dans le grand empire du Soleil.

Tels sont nos progrès dans la connoissance de la nature. Si nous avons reconnu une Astronomie primitive, si nous avons admiré les déterminations, souvent assez précises, quelle nous a laissées, nous avons apprécié ses succès en raison des obstacles & du manque des secours dans les premiers commencemens; mais nous n'avons jamais loué que l'œuvre de la patience & du tems. L'Europe a sur cette antiquité l'avantage du génie; elle s'est procuré des moyens de progrès, en créant la géométrie. Cette science manquoit absolument aux anciens: nous n'en trouvons nulles traces dans l'Asie; elle n'a paru que dans la Grece, au tems de Platon. Nos moyens pour surpasser la science primitive, ont donc été le télescope, qui étend le domaine de nos sens; la géométrie, qui permet de tout approfondir; & le génie, qui ose tout comparer & qui s'éleve à la science des causes. Cette science est notre véritable

ſupériorité. Tous les phénomènes ſont enchaînés : le ſyſtême de nos connoiſſances eſt ordonné comme la nature ; un ſeul principe nous ſert à tout expliquer, comme un ſeul reſſort lui ſuffit pour faire tout agir.

SECONDE PARTIE.

Des Progrès futurs de l'Aſtronomie.

MAIS le terme où nous ſommes parvenus, eſt-il le dernier où nous puiſſions aſpirer ? Entouré d'obſtacles, l'eſprit humain a-t-il aſſez de force pour les renverſer ? Peut-il s'ouvrir de nouvelles routes ? Ce ſeroit completter le récit de l'Aſtronomie, que de lire ſa deſtinée dans l'avenir. Si nous oſons y porter la vue, on juge bien que nous ne nous propoſons pas de déchirer le voile du tems, ni d'eſtimer la force toujours inconnue de l'eſprit humain. Ce n'eſt pas une puiſſance qui agiſſe par des efforts conſtans & gradués, ſuivant certaines loix. Tantôt arrêtée par les difficultés, tantôt multipliée pour les vaincre, elle étonne toujours par ſon repos & par ſon action. Dans ce problême, les efforts & les obſtacles ſont également incalculables. Il ne nous appartient point d'apprécier les reſſources de la nature & les élans réſervés au génie ; mais nous pouvons eſtimer avec réſerve ſi les routes ouvertes juſqu'ici peuvent ſe prolonger encore, & ſi nos reſſources actuelles peuvent nous y conduire.

Copernic a fixé l'arrangement des corps céleſtes : Kepler a donné les loix de leurs mouvemens ; Newton en a dévoilé la cauſe & le reſſort. Ces diſpoſitions du ſyſtême du monde déterminent & circonſcrivent nos travaux & nos efforts. Nous regardons aujourd'hui l'attraction comme une propriété de la

matière ; celui qui la rameneroit à l'impulſion, feroit ſans doute une belle découverte, mais elle ne changeroit rien à l'ordre & à la forme de nos recherches. L'attraction, au lieu d'être une cauſe, feroit un effet ; mais les effets ſecondaires ne dépendroient pas moins de cet effet général.

Le phénomène de l'attraction doit donc être regardé comme la baſe conſtante de toutes nos recherches. Les phénomènes préſens ou futurs doivent également ſe ranger dans l'étendue de ſes applications, le développement de cette cauſe ſimple renfermera tous les phénomènes actuels, & annoncera les phénomènes à venir. Il faut conſidérer ce hardi ſyſtême de Newton comme un magnifique tableau de la nature, où ce puiſſant génie a deſſiné à grands traits les formes principales, en laiſſant à ſes ſucceſſeurs la gloire de détailler ces formes eſquiſſées, de remplir les vides, & d'ajouter la reſſemblance de toutes les parties à la vérité de l'enſemble.

Nos connoiſſances ne peuvent s'étendre que par la ſucceſſion des obſervations, ou par les progrès de la théorie. L'obſervation préſente ou des phénomènes iſolés, ou des phénomènes enchaînés par un réſultat commun. Quant aux phénomènes conſidérés ſeuls, & en eux-mêmes, nous ne pouvons prévoir ceux que l'avenir nous réſerve, que le haſard peut nous offrir, & qui feroient ſemblables à ceux de l'aſtre ſingulier, comete ou planete, qui occupe maintenant les Aſtronômes. Nous ne pouvons même parcourir en détail les phénomènes connus, & dire, en arrêtant notre vue ſur chacun en particulier, ce que l'on peut y voir un jour. Cette conſidération demanderoit un tems qui nous manque, une ſupériorité que nous n'avons point, & peut être encore des circonſtances que le tems amene & que ſaiſit le génie.

Nous ne pouvons qu'indiquer les routes qui ne ſemblent

pas entiérement parcourues; & d'abord il s'en préſente une où il reſte beaucoup de chemin à faire, c'eſt la théorie des cometes. Chaque année en offre de nouvelles; cette partie de nos recherches ſemble donc ſans bornes. Sur ſoixante & quatre cometes qui ont été obſervées, & dont on a déterminé l'orbite & le mouvement, il n'y en a que quatre dont les révolutions ſoient connues & ſoupçonnées. Peut-être qu'une méthode analytique & exacte, comme celle de M. du Séjour, permettra de les mieux connoître, de les mieux comparer avec les obſervations, de diſcerner celles de ces cometes à qui une orbite parabolique peut ſuffire, & celles qui demanderoient une ellipſe, en laiſſant ſoupçonner la période de leurs révolutions. Voilà un premier champ ouvert à la nouvelle génération dévouée à l'Aſtronomie.

Les ſatellites des planetes en offrent un ſecond encore aſſez fertile. Quoique les ſatellites de Jupiter aient été conſtamment obſervés, leurs mouvemens calculés depuis plus d'un ſiecle, & en dernier lieu par MM. Maraldi & Wargentin, on peut dire que le mouvement du premier ſatellite eſt le ſeul qui ſoit bien connu; celui du ſecond offre encore de grandes irrégularités : & en ayant égard aux inégalités propres du mouvement, au changement des nœuds & des inclinaiſons, aux variations qui en réſultent ſur la durée des éclipſes, aux différences optiques qui affectent ces éclipſes, on peut dire qu'il reſte quelque choſe à faire dans la théorie des deux premiers ſatellites, & que celle des deux derniers n'eſt qu'ébauchée.

La thorie des ſatellites de Saturne eſt toute neuve. On connoît leurs moyens mouvemens, on leur a ſoupçonné des inégalités qui n'ont pas été vérifiées. Cet abandon vient de

la difficulté de les obſerver ; ils ne ſont tous viſibles que par de très-fortes lunettes. Ces lunettes étoient jadis grandes & embarraſſantes. Les obſervations qu'il faut répéter, ont beſoin de plus de facilité ; mais les verres achromatiques ayant augmenté la force des courtes lunettes, & pouvant l'augmenter encore, il viendra peut-être un tems où cette carrière s'ouvrira devant les jeunes Aſtronômes.

Un objet de recherches commencées il y a une infinité de ſiecles, & qui n'eſt pas rempli, c'eſt la deſcription du ciel & la nomenclature des étoiles. Hypparque & Ptolémée en avoient compté mille, dont les poſitions furent conſignées dans un Catalogue. Flamſteed a augmenté conſidérablement cette nomenclature ; mais les Aſtronômes ſavent qu'ils apperçoivent tous les jours dans leurs lunettes beaucoup d'étoiles, qui ne ſont point dans les Catalogues. Les cometes traverſent ſouvent des parties du ciel qui n'ont pas été décrites, & rencontrent des étoiles dont la plupart ſont inconnues. Flamſteed n'a donné que trois mille étoiles à la partie boréale du ciel ; M. de la Caille en a trouvé dix mille dans la partie auſtrale. L'hémiſphère qui nous eſt viſible, doit être auſſi riche que l'autre ; il en réſulte que nous ne connoiſſons pas la moitié des aſtres qu'il renferme, même ſans y comprendre ceux dont la petiteſſe échappe à l'obſervation. La deſcription générale du ciel eſt donc encore un ouvrage à faire ; elle demande un obſervateur zélé. Si les horizons de Paris & de Londres, ſouvent couverts de nuages, ne laiſſent point aſſez de ſuite aux obſervations pour cette vaſte entrepriſe, la France méridionale offre un ciel plus ſerein & de plus belles nuits. Le projet de M. de la Caille étoit de s'y tranſporter, pour achever la deſcription qu'il avoit commencée à l'extrémité du monde. Il aura ſans doute quelque imitateur, qui héritera de

ſon zele & qui remplira ſon projet. Cet objet utile mériteroit les ſoins & la dépenſe du Gouvernement. Il eſt de la gloire de la France de finir, après deux mille ans, l'ouvrage ébauché en Egypte ſous les Ptolémée, & de donner enfin aux hommes la carte détaillée des régions du ciel qu'ils ont ſans ceſſe ſous les yeux.

Quelques-unes de ces étoiles offrent deux phénomènes qui demandent d'être approfondis ; le premier eſt celui de leur mouvement propre. Les petites étoiles en ont-elles un comme les grandes ? Toutes les étoiles en ont-elles ? La réponſe à ces deux queſtions demande les travaux de beaucoup d'hommes & de beaucoup de ſiecles. Le ſecond phénomène eſt celui de la diſparition périodique de quelques étoiles. Il eſt intéreſſant de déterminer ces périodes, d'examiner ou leur conſtance, ou leur variation. On pourroit même s'aſſurer ſi, comme on le ſuppoſe, ces diſparitions tiennent à l'obſcurité d'une partie de leur globe. On en tireroit des concluſions intéreſſantes ſur la nature des ſoleils & des corps eſſentiellement lumineux ; il ſuffiroit de meſurer fréquemment la quantité de la lumière de ces étoiles (*a*). Suppoſons que par une première meſure, on ait trouvé qu'en réduiſant cette lumière à une centieme partie, elle ceſſe d'être ſenſible ; qu'enſuite, par une ſeconde meſure faite dans un autre tems, on trouve que cette lumière

(*a*) On peut meſurer la lumière des étoiles, comme nous avons meſuré celle des ſatellites de Jupiter, (Bailly, *Mém. de l'Acad. des Scien.* 1771). Nous avons depuis fait conſtruire un inſtrument composé de deux volets de cuivre, qui s'approchent l'un de l'autre, tous deux mus par la même vis. Cet inſtrument placé devant l'objectif, peut diminuer à volonté l'ouverture, & d'une quantité qu'il eſt aiſé de meſurer, au moyen d'une diviſion appliquée à l'inſtrument. Comme la lumière des étoiles eſt très-vive & difficile à éteindre, nous avons reconnu qu'il faut l'affoiblir, en plaçant devant l'objectif un verre plus ou moins coloré, ou toute autre choſe qui intercepte une partie de la lumière. Les rapports n'en ſeront point altérés, quand on employera le même moyen pour toutes les étoiles.

devient insensible, lorsqu'elle est réduite à un cinquantieme, on en concluroit que dans l'intervalle des deux observations, cette lumière a diminué de moitié; &, comme il est démontré que cette grande diminution ne pourroit tenir à aucun changement de distance, on en pourroit inférer que dans le premier cas, l'étoile offroit un disque entiérement lumineux, & que dans le second, une moitié seulement de ce disque étoit lumineuse & l'autre obscure. Nous ne disons point combien on pourroit varier ces observations; il est aisé de l'imaginer.

On pourroit mesurer ainsi la lumière de toutes les étoiles; ces mesures fourniroient un moyen de les classer plus exactement que par les caractères toujours incertains de leur grandeur apparente: & dans l'entreprise d'un Catalogue universel, ces mesures seroient placées à côté des positions des étoiles. Nous présumons qu'il sera possible de comparer leur lumière à celle du Soleil, soit par un moyen direct qui sera découvert, soit par une observation intermédiaire. On a déjà le rapport de la lumière de la Lune à celle du Soleil. La lumière des étoiles peut être facilement comparée à celle des satellites de Jupiter; il ne s'agiroit plus que de comparer ces satellites à la lune, & l'on auroit les proportions de la lumière directe ou réfléchie de tous les corps de l'univers. A ces expériences faites sur la lumière en masse, on pourroit en ajouter de semblables sur les rayons qui la composent (*a*).

(*a*) On pourroit tenter cette expérience avec des verres différemment colorés, en rouge, en violet, en verd, en jaune, tous de même grandeur, éclairés par derrière, & placés à une assez grande distance pour être vus dans une lunette comme des points lumineux & colorés. Alors, au moyen de la méthode que nous avons proposée dans les Mémoires de l'Académie pour 1771, on diminueroit l'ouverture de la lunette, jusqu'à ce que les points lumineux devinssent invisibles; & ces expériences comparées donneroient les rapports d'intensité des différentes couleurs.

La lumière de quelques étoiles eſt colorée ; cette couleur peut produire des phénomènes qu'il eſt utile de connoître. M. du Séjour ſoupçonne que la réfraction des étoiles pourroit en être altérée. Ce phénomène délicat & très-difficile à ſaiſir, ſeroit infiniment curieux.

Ces meſures pourroient encore s'étendre au cinquieme ſatellite de Saturne, qui diſparoît dans une partie de ſon orbite, & à l'anneau même qu'on perd de vue lorſque l'on ne le voit plus que par ſon épaiſſeur. On pourroit déterminer quelles ſeroient les lunettes qu'il faut employer pour voir toujours ce ſatellite, & pour ne perdre l'anneau de vue que dans les cas où nous ſommes au-deſſous de ſa partie éclairée. On pourroit ainſi eſtimer l'épaiſſeur de cet anneau, en comparant la lumière de ſa ſurface à celle de ſon épaiſſeur ; & puiſque l'étendue de cette ſurface eſt connue, celle de l'épaiſſeur le ſeroit également.

Si les lunettes ſe perfectionnent, ſi leur force eſt conſidérablement augmentée, on décidera la queſtion de la rotation de Vénus. On découvrira celle de Saturne, & peut-être celle de Mercure même ; on fixera les loix de cette rotation déjà ſoupçonnée par MM. de Mairan & de Goinpi (*a*). Il eſt poſſible que les mêmes cauſes qui ont donné le mouvement à l'univers, en aſſujettiſſant les révolutions périodiques à des loix générales, aient enchaîné les révolutions diurnes par des loix ſemblables. Une autre recherche importante eſt celle qui auroit pour objet la figure de la terre, & la diſſimilitude ou la reſſemblance de ſes méridiens ; mais cette recherche dépend d'opérations qui ne peuvent être que l'ouvrage des Princes & des

(*a*) Mairan, Mém. de l'Acad. des Scien. 1729, p. 41. M. le Chevalier de Goinpi, Journal des Sav. Janvier 1762.

des Gouvernemens. L'hiſtoire en indique l'utilité ; c'eſt aux Puiſſances à en ordonner l'exécution.

Quant aux phénomènes, aux obſervations qui ont beſoin d'être réunies pour établir par leur concours certains réſultats, tels que le moyen mouvement des planetes, la grandeur de leurs orbites, leur excentricité, le mouvement des nœuds & des apſides, l'angle d'inclinaiſon des orbites, ces déterminations ont été commencées il y a plus de deux mille ans ; chaque ſiecle, chaque obſervation particulière les perfectionnent, & comme tout paroît deſtiné à changer dans la nature, comme le mouvement des corps céleſtes & de leurs orbes paroît ſuſceptible d'altération, ou du moins de variation, il y a du travail pour toutes les générations ; & ce ſera l'ouvrage de la durée. Le mouvement des apſides & des nœuds de certaines planetes, la variation de leurs inclinaiſons & de l'inclinaiſon de quelques ſatellites, l'accélération du moyen mouvement, & la queſtion des équations ſéculaires ou périodiques, ou toujours croiſſantes, demandent des ſiecles pour être complettement déterminés.

Ainſi, à l'exception de quelques objets particuliers, plus ou moins difficiles & plus ou moins praticables, les travaux actuels de l'Aſtronomie conſiſtent à revenir ſur les déterminations anciennes, à les rechercher, pour ainſi-dire, comme un artiſte qui polit ſon ouvrage, ou à attendre du tems l'occaſion d'avancer par quelques progrès ; mais ce tems vient avec une lenteur qui nous décourage. On ne fait plus que de petits pas dans cette route, où on a été accoutumé d'en faire de grands ; il eſt même des intervalles & des repos involontaires. Le génie peut être rebuté de cette marche lente, ou s'endormir dans une inaction forcée. L'homme, qui vit peu, ne réuſſit à imiter la nature qu'en épargnant le tems qui lui

manque ſans ceſſe ; il faut qu'il la réduiſe, qu'il s'en faſſe un tableau abrégé, tant pour l'eſpace que pour la durée : il a toujours beſoin de comparer ce qu'il a penſé à ce que la nature a fait, ou à ce qu'elle doit faire. Mais cette comparaiſon devient de jour en jour plus vaſte, elle fatigue par ſon étendue, & ſurcharge par ſa complication. Il n'y a point de recherche aſtronomique, qui ne néceſſite aujourd'hui une infinité de calculs pénibles. L'eſprit les compare pour en tirer des réſultats ; mais dans les calculs même, l'eſprit n'a rien à faire. Il faut donc que la patience commence l'ouvrage du génie : alors on peſe le ſuccès avec la peine, & les travaux qu'il doit coûter ; s'il eſt incertain, on y renonce ; un ſuccès manqué empêche d'en tenter un autre. Les hommes ſont doués de facultés différentes : les uns naiſſent patiens, & pour le travail ; ils marchent dans cette route obſcure avec conſtance, ils avancent peu ſans ſe décourager. Les autres, qui ont reçu le génie, ont une ardeur qui a beſoin d'être entretenue par les ſuccès. Lorſque le génie ne peut rien ſans la conſtance des longs travaux, lorſqu'il faut réunir ces deux qualités que la nature a preſque toujours ſéparées, la ſcience n'a plus que de foibles progrès, & peut même devenir ſtationnaire. Les hommes qui ont des vues, négligent de les vérifier; & ceux qui n'ont point de vues, naiſſent & meurent à peu-près à la même place. La conſidération des cauſes a le même inconvénient & les mêmes difficultés. Tous les grands problêmes ont été réſolus, ou par Newton, ou par ſes ſucceſſeurs. Si dans pluſieurs de ces problêmes on n'a obtenu que des ſolutions approchées, elles ſont l'ouvrage des Géometres les plus habiles ; & on eſt forcé d'en conclure que les ſolutions rigoureuſes ſont impoſſibles, du moins avec les moyens préſens. Tant que ces moyens ne changeront pas, nous ne pouvons

pas eſpérer mieux. Les méthodes d'approximation ont pu être ſuffiſantes dans les grandes recherches, quand il fallu calculer & ſommer des effets particuliers pour en compoſer un effet conſidérable, & repréſenter un phénomène très-ſenſible, tel que le dérangement de la Lune, le mouvement de ſes nœuds & de ſes apſides, les perturbations de Saturne, de Jupiter & de ſes ſatellites, la préceſſion des équinoxes, &c. La théorie ſe trouve aſſez d'accord avec l'obſervation ſur la quantité de chacun de ces phénomènes, parce que la cauſe eſt vraie, & que la méthode tend à déterminer ces effets. Mais la méthode approche ſans atteindre, il y a toujours une diſtance entre le réſultat & la vérité. Quelque petite que ſoit cette diſtance, ſi la quantité cherchée eſt elle-même très-petite, elle peut ſe trouver dans ces limites, & hors de notre portée. C'eſt ce qui nous arrive peut-être, lorſque nous deſcendons dans les détails des choſes, lorſque nous eſtimons une force élémentaire, d'où réſulte un leger effet qui ne peut devenir ſenſible que par l'accumulation. Les dérangemens de Jupiter & de Saturne en ſont un exemple. Ce petit effet a pu ſe perdre dans les quantités négligées; il reſſemble à ces corpuſcules que la vue diſtingue à peine, & que nos inſtrumens groſſiers ne peuvent ſaiſir. La néceſſité de les manier demande un nouvel inſtrument, un inſtrument dont la ſenſibilité réponde à la ténuité de ces corpuſcules, & dont les pointes ſubtiles puiſſent embraſſer leur petiteſſe.

Dans l'état actuel où eſt l'Aſtronomie, ſous un ciel où preſque tout eſt connu, nous ne ſerons bientôt plus que les témoins des phénomènes périodiques que le tems ramene & renouvelle ſans ceſſe; & ſi l'amour de la ſcience ſubſiſte, ſi nous ſommes aſſez conſtans pour les ſuivre, chaque ſiecle ajoutera un petit degré de perfection aux connoiſſances acquiſes, &

l'Aſtronomie ſuivra lentement la nature, en l'approchant ſans ceſſe, comme ces lignes aſſymptotiques, qui ſerrent toujours une courbe de plus en plus près, ſans jamais la toucher. On ne peut rendre à l'Aſtronomie des progrès rapides que par une révolution dans ſes moyens & dans ſes méthodes. Ces nouveaux moyens, ces nouvelles méthodes changeront, pour ainſi-dire, la nature, en la préſentant ſous un nouvel aſpect, en mettant à portée de voir plus loin & plus profondément. Il faudroit que l'Aſtronomie devînt une ſcience neuve; la nouveauté produit la curioſité, & le génie s'anime par la facilité des découvertes. C'eſt cette facilité qui tourne tous les eſprits vers les ſciences encore peu cultivées; la curioſité & l'amour de la gloire y trouvent l'aliment qui leur eſt néceſſaire. De-là cette eſpece de mode que les ſciences éprouvent comme toutes les choſes humaines. Les gens de génie s'y portent, parce qu'ils y trouvent des ſuccès; les gens du monde s'en occupent, parce qu'ils ſont avides des connoiſſances nouvelles. L'Aſtronomie devenue plus intéreſſante par les vues de Galilée, de Dominique Caſſini, de Halley, fut la ſcience du dernier ſiecle. Au milieu de celui-ci, les applications brillantes du principe de Newton, firent prendre un nouvel eſſor à la géométrie.

La révolution que nous demandons ne peut avoir lieu que dans les inſtrumens; car ſi nous ne changeons point d'organes, nous verrons toujours la nature comme nous l'avons vue. Il faut demander au tems & au génie une méthode générale d'intégration, un autre procédé de calcul qui nous débarraſſe des approximations, ou qui du moins les rende & plus ſures pour ne point laiſſer de doute, & plus ſubtiles pour qu'elles puiſſent aller plus loin. Les nôtres ſemblent avoir fait tout ce qu'elles peuvent faire; aujourd'hui nous n'avons plus

à chercher que de petites quantités qu'il faut atteindre avec les mêmes moyens, qui ont réussi pour des quantités plus sensibles. Les obstacles, les erreurs se multiplient, les difficultés de calcul hérissent chaque question, & la solution peut se perdre dans leur incertitude.

Quant aux instrumens de l'Astronomie pratique, ceux de la mesure du tems ne paroissent pas susceptibles d'être sensiblement perfectionnés. Le pendule marque l'intervalle d'une seconde, l'oreille partage facilement cet intervalle en deux parties; mais une portion de la durée, plus petite qu'une demi-seconde, ne seroit point saisie par l'organe. Les instrumens pour mesurer l'espace, sont également portés à une grande perfection, ou du moins les legères améliorations qu'ils peuvent recevoir, ne changeront point l'état des choses. Mais nous voyons dans certaines mesures astronomiques, faites pour concourir ensemble, un défaut de correspondance & d'égalité, qui peut être dénoncé à l'esprit inventeur. Quand l'Astronomie veut déterminer la position d'un astre dans le ciel, elle y atteint en mesurant la déclinaison & l'ascension droite de cet astre. La déclinaison est mesurée par un quart de cercle qui ne comporte qu'une erreur de deux à trois secondes de degré; l'ascension droite est obtenue par la comparaison des tems (*a*): il en peut résulter une erreur d'une seconde, qui répond à quinze secondes de degré. La première mesure a une précision cinq fois plus grande que la seconde. Il faudroit donc, pour l'avantage de l'Astronomie, que le second moyen montât au niveau du premier. L'emploi du tems, dans les mesures astronomiques, a fait une première révolution dans

(*a*) *Suprà*, Tome II, p. 293.

la ſcience, peut-être que pour en obtenir une ſeconde également utile, il faudroit l'en bannir aujourd'hui ; c'eſt au génie à en trouver les moyens. Qui ſait ſi avec des inſtrumens tels que les nôtres, il ne ſeroit pas avantageux de revenir à la meſure des diſtances aux étoiles, comme on le pratiquoit jadis, ou à des cercles entiers d'airain, à de grandes armilles garnies de lunettes, de micrometres, de limbes parfaitement bien diviſés, & où l'on auroit directement, par des moyens ſemblables & égaux, l'aſcenſion droite & la déclinaiſon.

Le téleſcope peut lui ſeul opérer une révolution & un grand progrès dans nos connoiſſances. Lorſqu'il a été découvert, il a prolongé notre vue à une diſtance immenſe, & nous a tranſportés dans des mondes nouveaux; nous avons vu tout ce qui eſt compris dans les limites de la puiſſance de cet inſtrument. Mais l'univers a d'autres eſpaces, & en doublant de toutes parts, dans la ſphère qui nous entoure, la puiſſance de cet inſtrument, nous augmenterons huit fois les domaines de l'organe de la vue. Les verres achromatiques nous permettent cette eſpérance; il ne s'agit que d'atteindre la perfection dont ils ſont ſuſceptibles. L'Aſtronomie demande qu'on encourage les Chimiſtes à découvrir le ſecret du flint-glass, & les artiſtes à travailler de grands verres. L'aſtre, qui nous occupe maintenant, cet aſtre qui eſt peut-être une planete, ſemble nous indiquer que Saturne n'eſt pas la dernière de notre ſyſtême; il y en a peut-être beaucoup d'autres, ou juſqu'à préſent inviſibles, ou juſqu'à préſent confondues avec les étoiles fixes. Il peut réſulter de cette perfection du téleſcope, un aggrandiſſement du ſyſtême ſolaire, une confirmation des loix connues, peut-être de nouvelles loix & de nouveaux phénomènes, enfin des travaux & des ſuccès pour l'eſprit humain.

Pour nous, qui avons conduit ſon hiſtoire juſqu'à nos jours, nous nous eſtimerons heureux, ſi nous avons bien ſaiſi ſa marche, ſi nous avons été clairs dans l'expoſition de ſes principes, fidelles dans l'attribution des découvertes à leurs véritables auteurs, & ſi envers nos contemporains nous avons été auſſi exempts de prévention, & auſſi juſtes que nous deſirions de l'être.

FIN.

TABLE
DES DISCOURS
CONTENUS DANS CE VOLUME.

TABLE GÉNÉRALE

DES MATIERES

Pour les quatre volumes de l'Histoire de l'Astronomie ancienne & moderne.

La lettre A *indique l'Astronomie ancienne, la lettre* M *l'Astronomie moderne, le chiffre romain le volume, & le chiffre arabe la page.*

A

B

E

F

H

K

L

M

N

Parallaxe

Q

R

S

T

V

Fin de la Table.

EXTRAIT

Des Registres de l'Académie royale des Sciences, du 17 Avril 1782.

MESSIEURS de Fouchy, le Gentil, le Roy, Cassini le fils, du Sejour, & Cousin, ayant rendu compte à l'Académie du troisieme volume de l'Histoire de l'Astronomie moderne par M. Bailly, l'Académie a jugé cet ouvrage digne de son approbation & de paroître sous son privilege : en foi de quoi j'ai signé le présent certificat. A Paris, le 17 Avril 1782.

Le Marquis de CONDORCET.



